PC Games

SONDERHEFT

Hardware

Fit für PUBG, Far Cry 5 & Co.

Gaming-PC im Eigenbau

1. Kaufberatung 52 Seiten
2. Zusammenbau 10 Seiten
3. Tuning & Tipps 10 Seiten

Für Intel Core & AMD Ryzen

Bebilderte Bauanleitung

Kauftipps und Empfehlungen

Top-Hardware für alle Zwecke

Weniger Lärm, mehr Leistung – mehr Spaß!

Tuning für jedermann

€ 6,99
Ausgabe 02/2018
Österreich € 8,00 | Schweiz sfr 13,00 |
Holland/Belgien/Luxemburg € 8,30

4 195756 806993 02

ZOTAC GAMING

MEK1 GAMING PC

ERSCHAFFEN, UM DAS MAXIMUM AN SPIEL-PERFORMANCE ZU ERREICHEN, IST DER **ZOTAC MEK1 GAMING PC** EINE ÜBERWÄLTIGENDE PRÄSENZ UND BEFIEHLT DIR, DIE KONTROLLE ZU ÜBERNEHMEN, AUF JEDE AKTION HAARGENAU ZU REAGIEREN UND ÜBER DEIN LIMIT HINAUSZUWACHSEN.

STRENGTH
ZOTAC GeForce® GTX 1070 Ti 8GB GDDR5
ZOTAC GeForce® GTX 1060 6GB GDDR5

AGILITY
7th Gen Intel® Core™ i7-7700
7th Gen Intel® Core™ i5-7400

DEXTERITY
16GB DDR4 2400MHz Speicher

ENERGY
450W Netzteil

DEFENSE
Kompakt
42cm x 12cm x 42cm (LxBxH)

ENHANCEMENT
SPECTRA Beleuchtung
Doppelte Kühlungslüfter

SKILL
802.11ac Wi-Fi
Bluetooth 4.2
10/100/1000 LAN
4K / GAMING / VR READY

HEALTH
1TB 2.5" SATA HDD
240GB M.2 NVMe SSD

EQUIP
Windows 10 Home 64-bit vorinstalliert
6 x USB 3.0, 2 x USB 2.0
3 x DisplayPort 1.4, 1 x HDMI 2.0b, 1 x DL-DVI
Onboard 7.1 Channel Digital Audio

LIVE TO GAME_

ALTERNATE bequem online · notebook.de · cyberport · computeruniverse Beste Auswahl. Bester Service. · Mindfactory.de Aktiengesellschaft · notebooksbilliger.de

/ZOTAC /ZOTAC /ZOTAC /ZOTACOFFICIAL /ZOTAC_OFFICIAL

©2018 ZOTAC International (MCO) Ltd. All rights reserved. All company and/or product names may be trade names, trademarks and/or registered trademarks of the respective owners with which they are associated. ZOTAC International (MCO) Limited does not warrant the accuracy, completeness or reliability of information, materials and other items contained on this website or server. No liability is assumed with respect to the use of the information contained herein.

ZOTAC.COM

Editorial

Sie möchten sich einen neuen PC zusammenbauen? Egal, ob Anfänger oder alter Hase, in diesem Heft erfahren Sie alles Wissenswerte.

Der PC lebt! Treffender kann man den aktuellen Zustand kaum beschreiben. Das haben wir vor allem der Firma AMD zu verdanken, welche sich der Intel-Nvidia-Übermacht in den Weg stellt. Machen wir uns nichts vor, die Firmen wollen nur unser Bestes – unsere Ersparnisse. Durch den wiederhergestellten Konkurrenzkampf bereitet das Geldausgeben jedoch endlich wieder Spaß, da fühlbare Leistungssteigerungen möglich sind. Erliegen auch Sie der Versuchung, der Zeitpunkt ist günstig!

Rechnerbau von A bis Z

Egal ob Gaming-PC mit Streaming-Reserven, Multimediamaschine oder ein Renderbolide zum Schneiden und Bearbeiten von Videos, in Sachen Prozessor bekam man noch nie so viele Kerne und somit Leistung pro Euro. Den unter den PCGH-Lesern besonders beliebten Modellen Core i7-8700K und Ryzen 7-2700X widmen wir besondere Aufmerksamkeit. Bei den Grafikkarten halten sich die Neuerungen zwar in Grenzen, dank des zwischenzeitlich abgekühlten Mining-Booms sind die zum Spielen essenziellen Pixelkünstler jedoch endlich wieder zu vernünftigen Preisen lieferbar. Wir präsentieren Ihnen die derzeit empfehlenswerten Modelle. Selbstverständlich kommen auch andere Komponenten nicht zu kurz; neben populären Displays mit WQHD/144 Hertz warten unter anderem effiziente Netzteile, ansprechende Gehäuse sowie reichlich Speicher (DDR4 und SSDs) auf Sie.

Doch das ist nicht alles, denn viele Einzelteile ergeben noch keinen PC – wie beim Fußball muss daraus eine eingespielte Mannschaft werden. Auch dabei lassen wir Sie nicht im Stich: Eine ausführliche Zusammenbau-Anleitung für je einen AMD- und einen Intel-PC, bei denen wir Alltagstipps geben und auf mögliche Probleme eingehen, nimmt Neulinge an die Hand. Im Anschluss verraten wir, wie Sie Ihren neuen Diener so schnell und effizient wie möglich machen. Da die Praxis im Vordergrund steht, verzichten wir auf Tabellenwüsten und lassen stattdessen Wort und Bild sprechen – so gelingen die Auswahl und der Zusammenbau am besten. In diesem Sinne: Viel Spaß beim Schmökern, Shoppen und Schrauben!

Raffael Vötter
Leitender Redakteur
PC Games Hardware

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

PC Games Hardware – Das Hardware-Magazin für PC-Spieler

CMG Computec Media Group

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Hans Ippisch (Vorsitzender), Rainer Rosenbusch

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Daniel Hoffmann (dh), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Willi Tiefel (wt), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Mitarbeiter dieser Ausgabe Nikolas Schonath (ns)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Stephanie Kamm
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, fs, wt, tv, rv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig

www.pcgameshardware.de

Head of Online Christian Müller
Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Willi Tiefel, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, David Turkadze
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de

Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 31 (01/2018)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,00 (€ 56,00 Österreich, € 60,00 Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: LSC Communications Europe, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel:
PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, N-ZONE, GAMES AKTUELL, SFT, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASY LINUX, RASPBERRY PI GEEK, WIDESCREEN, MAKING GAMES

Polen:
COSMOPOLITAN, HARPER'S BAZAAR, JOY, HOT MODA, SHAPE, ESQUIRE, PLAYBOY, CKM, JAMI

Ungarn:
JOY, ÉVA, INSTYLE, SHAPE, MEN'S HEALTH, RUNNER'S WORLD, PLAYBOY, APA

ab S. 56

Bauanleitung: So klappt der Rechnerbau reibungslos

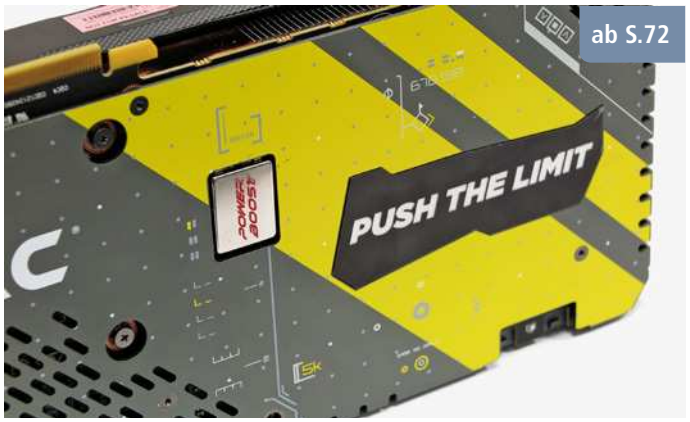
Mit dem Aussuchen und Kaufen der besten PC-Hardware ist es nicht getan, die Teile wollen verkuppelt werden. Damit das Projekt „Gaming-PC im Eigenbau" ohne Unfälle vonstattengeht, bauen wir exemplarisch einen AMD-Ryzen- und einen Intel-Core-PC zusammen – Praxistipps zur Vermeidung gängiger Fehler inklusive.

ab S. 6

Kaufberatung: Top-Hardware

Die beste Hardware auf rund 50 Seiten vorgestellt: Unsere Übersichten helfen Ihnen, die richtigen Teile für Ihre Nutzungsgewohnheiten zu kaufen.

ab S.72



Tuning: Besser geht immer

Selbst wenn Sie nur das Beste vom Besten gekauft haben: CPU, RAM und Grafikkarte können mehr. Wir verraten, wie Sie Ihren PC und Lieblingsspiele aufmotzen.

Heftinhalt

Service

Editorial & Impressum ... 3
Inhaltsverzeichnis ... 4

Kaufberatung & Produktempfehlungen

Prozessoren ... 6
Mainboards ... 12
Arbeitsspeicher ... 20
Grafikkarten ... 24
SSDs ... 30
Prozessorkühler ... 34
Lüfter ... 38
Netzteile ... 42
Gehäuse ... 46
Monitore ... 50

Praxis & Info

Bauanleitung: AMD- & Intel-PCs ... 56
Virtual Reality ... 68
Tuning ... 72
Spielegrafik aufpolieren ... 78

PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer. Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps.
PC Games Hardware
www.pcgameshardware.de • www.pcghx.de
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER
HARDCORE FÜR SCHRAUBER
WWW.PCGAMESHARDWARE.DE
PC Games Hardware bequem online bestellen:
www.pcgh.de/shop
Oder einfach digital lesen:
epaper.pcgameshardware.de

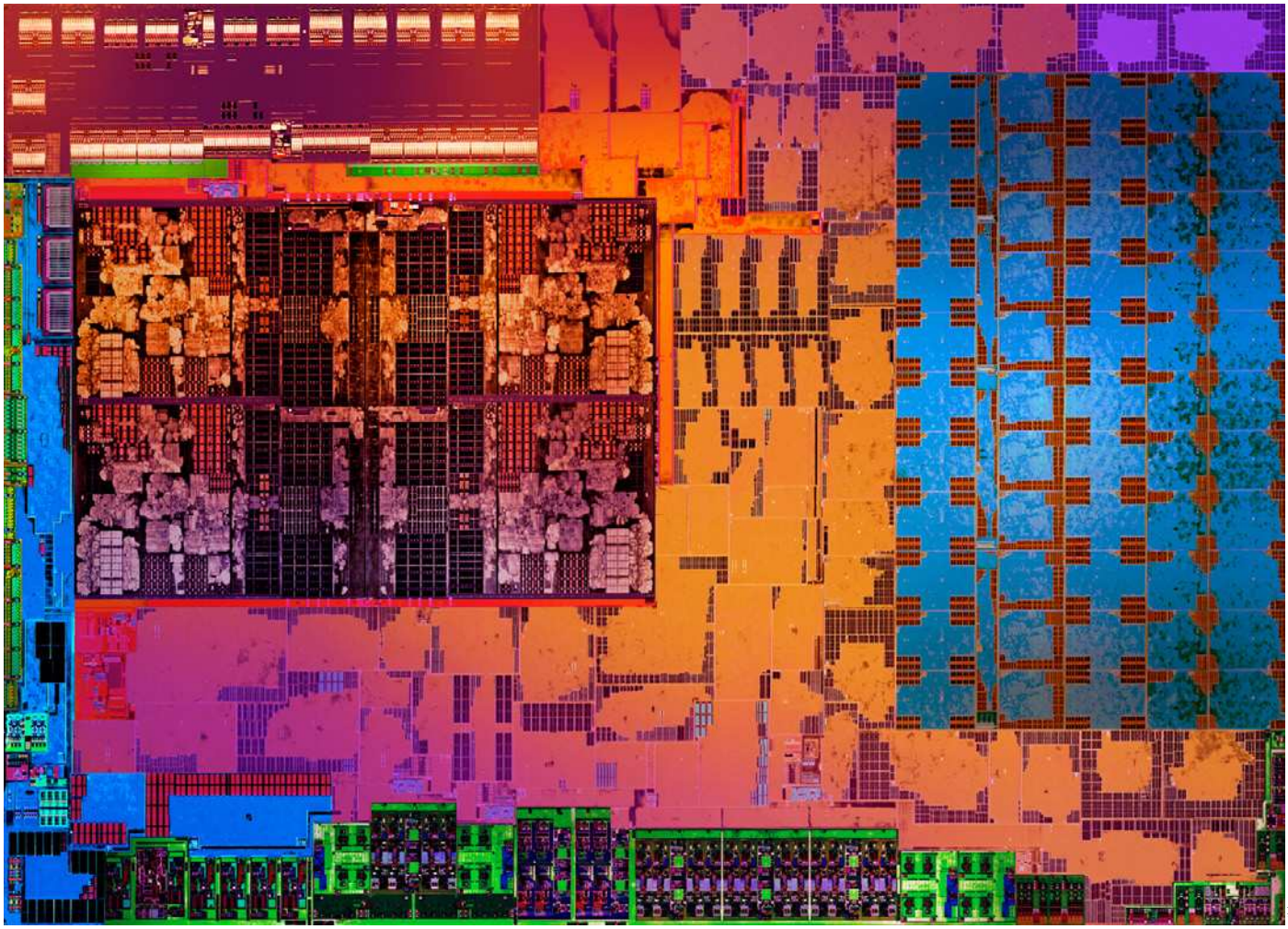


Bild: AMD

Prozessoren (CPUs)

Wie viele Kerne ein Prozessor im Jahr 2018 haben sollte, hängt von seinem Einsatzgebiet ab. In diesem Artikel verraten wir, welche CPUs am besten zum Spielen und Rendern geeignet sind.

Wenn sich im Hardware-Bereich etwas regt, dann bei den Prozessoren. Alles begann vor rund einem Jahr: AMD erwachte aus dem Tiefschlaf und brachte mit dem Ryzen-Portfolio nicht nur frischen Wind, sondern einen regelrechten Orkan in den Markt. Platzhirsch Intel sah sich zu drastischen Maßnahmen gezwungen und krempelte ebenfalls sein komplettes Angebot um. Das freut den Kunden, denn Mitte 2018 erhalten Aufrüster mehr Kerne und somit mehr Leistung denn je.

In diesem Artikel klären wir, welche Prozessoren sich für welchen Einsatzzweck lohnen, wobei der Fokus PCGH-typisch auf PC-Spielen liegt.

Das Fundament wählen

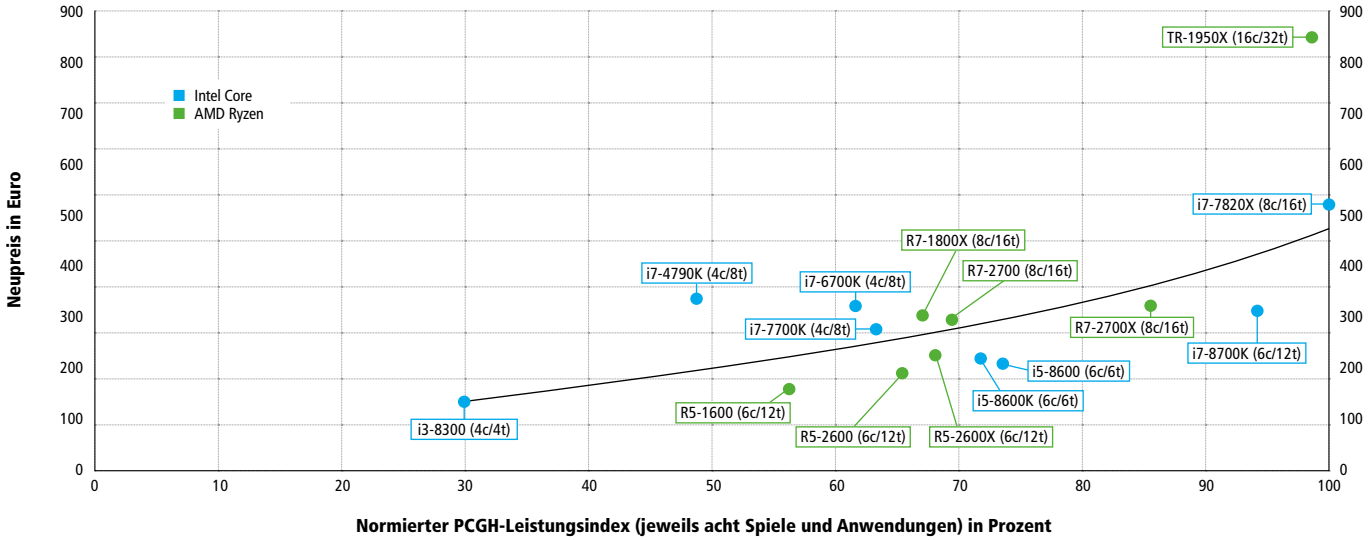
Mit dem Prozessor geht die Entscheidung für eine bestimmte Plattform einher. Von älteren raten wir bei einem Neukauf ab, denn auch wenn beispielsweise ein Core i7-4790K leistungsmäßig noch gut mit einem neueren 6700K/7700K mithält, investiert man in veraltete Technik und muss auf Nettigkeiten wie per schnellen PCI-Express 3.0 angebundene M.2-SSDs oder aktuellen DDR4-Speicher verzichten.

Intels Einsteiger- und Mittelklasse passt auf den Sockel 1151 und ist zu Preisen zwischen rund 50 und 350 Euro erhältlich. Für Spielerbelange brauchbare Modelle beginnen beim Zweikerner Pentium G4560, der mit seinen 3,5 GHz dank Simultaneous Multithreading (SMT) immerhin bis zu vier Threads bereitstellt und damit im Gegensatz zum Schwestermodell G4400 noch alle Spiele ausführen kann. Wirklich sinnvoll ist die Investition in einen Zweikerner nicht mehr, denn nach der Ryzen-Einführung haben Vierkern-Chips endlich auch das Einsteigersegment erobert. PC Games Hardware rät dazu, mindestens einen Quadcore zu kaufen.

Bei Intel erfordert beinahe jede CPU-Generation ein neues Mainboard – Kaby Lake läuft als „Takt-Upgrade“ von Skylake mit passendem UEFI allerdings noch in Boards der 100-Serie. Die aktuellen Coffee-Lake-CPUs der 8000er-Reihe jedoch erfordern Platinen mit 300er-I/O-Hub. Übertakter wählen Mainboards mit dem in der Regel kräftig gekühlten Z370, Nutzer mit gemäßigten Ansprüchen ohne Overclocking-Ambitionen greifen zum B360.

Die im Frühjahr erneuerte AMD-Mittelklasse mit dem Namen Ryzen 2000 fußt nach wie vor auf dem Sockel AM4 und stellt die modernste AMD-Plattform mit DDR4-Speicher, nativem USB 3.1, PCI-E-3.0-Steckplätzen für Grafikkarten wie auch schnelle M.2-SSDs dar. Der Hersteller sieht vor, dass entsprechende Prozessoren mit dem ebenfalls neuen Platform-Controller-Hub (PCH) X470 verwendet werden. Spätestens nach einem UEFI-Update laufen Ryzen-2000-Prozessoren aber auch mit einem X370 oder B350-Board

Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren in der Übersicht



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/ Leistung	Spiele-Index Preis/ Leistung	Anwendungs-index Preis/ Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	AMD Ryzen 5-1600 (6c/12t)	**100,0%**	92,2%	100,0%	78,1%	160
	Intel Core i3-8300 (4c/4t)	**97,6%**	100,0%	82,5%	65,0%	135
	AMD Ryzen 5-2600 (6c/12t)	**91,1%**	84,3%	90,8%	82,7%	190
	Intel Core i5-8600 (6c/6t)	**83,2%**	85,2%	70,4%	86,8%	210
	Intel Core i5-8600K (6c/6t)	**79,3%**	78,7%	70,9%	85,9%	220
	AMD Ryzen 5-2600X (6c/12t)	**77,8%**	70,7%	79,4%	84,1%	225
	Intel Core i7-8700K (6c/12t)	**64,1%**	60,9%	61,3%	97,2%	310
	AMD Ryzen 7-2700 (8c/16t)	**61,9%**	53,4%	67,4%	84,8%	290

	Prozessor	Gesamt-Index Preis/ Leistung	Spiele-Index Preis/ Leistung	Anwendungs-index Preis/ Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	AMD Ryzen 7-2700X (8c/16t)	**61,6%**	52,5%	68,2%	92,8%	320
	Intel Core i7-7700K (4c/8t)	**60,2%**	61,0%	51,9%	81,7%	275
	AMD Ryzen 7-1800X (8c/16t)	**58,8%**	50,6%	64,2%	83,5%	300
	Intel Core i7-6700K (4c/8t)	**51,6%**	51,4%	45,8%	80,8%	320
	Intel Core i7-4790K (4c/8t)	**44,8%**	45,6%	38,3%	74,4%	335
	Intel Core i7-7820X (8c/16t)	**41,3%**	34,5%	46,7%	100,0%	515
	AMD Ryzen TR-1950X (16c/32t)	**26,7%**	17,4%	37,5%	99,3%	840

Prozessoren jenseits der 1.000-Euro-Marke sind aufgrund der kleinen Zielgruppe außen vor.

Basis: PCGH-Leistungsindex Prozessoren in Relation zum (bei Redaktionsschluss) aktuellen Marktpreis. Die Trendlinie verläuft exponentiell.

aus dem Jahr 2017 – nur bei einigen OC- und Boost-Funktionen müssen Sie geringfügige Einschränkungen in Kauf nehmen, die sich jedoch keinesfalls auf die gefühlte Leistung auswirken. Im Laufe des Sommers soll außerdem der B450 als Erbe des B350 folgen. Dieser kostenoptimierte I/O-Hub lohnt sich vor allem für Anwender, die einen Vier- oder Sechskern-Ryzen verwenden und zu keiner Zeit übertakten möchten. Für diese Zwecke genügt prinzipiell auch der gereifte B350.

Sprach beim Neukauf eines Spiele-PCs früher hauptsächlich ein knappes Budget für eine AMD-CPU, ist die Sachlage heute anders: AMD-Chips liefern in jeder Situation eine hohe Leistung. Das gilt vor allem dann, wenn Sie in hohen Auflösungen wie 2.560 × 1.440 oder höher mit maximaler Detailstufe spielen – dort bestimmt in erster Linie die Grafikkarte die erreichbare Bildrate. Starke Intel-CPUs wie der Core i7-8700K sind beim High-Fps-Gaming in niedrigeren Auflösungen jedoch nach wie vor im Vorteil, etwa wenn ein 144-Hz-Display entsprechend befeuert werden soll.

Die AMD-Plattformen AM3(+) und FM2(+) für besonders günstige CPUs wie den Athlon X4 845 sollten Sie meiden, da hier keine neuen Prozessoren mehr erscheinen, das Feature-Paket veraltet ist und Sie somit in einer Aufrüstsackgasse enden würden. Gleiches gilt für Intels Sockel 1150 und 1366.

Die richtige Gaming-CPU

Sofern Ihr Budget es erlaubt, raten wir Ihnen zum Genießen moderner PC-Spiele zu einem flotten Vierkerner – so viel Luxus sollten Sie sich gönnen. Einzelne Titel, speziell aus dem Indie-Bereich, kommen zwar auch noch gut mit zwei Kernen ohne SMT aus, manche Spiele allerdings starten erst bei vier Hardware-Threads. Allerdings setzt eine zunehmende Anzahl an Spielen auf mehr als vier Kerne und läuft auf einem Ryzen 5 oder Core i7 flotter als auf einem SMT-losen Core i5 und erst recht als auf einer Dualcore-CPU. Ein Beispiel für vorausschauende Multithread-Programmierung ist Crysis 3 aus dem jahr 2013, aber auch The Witcher 3 von 2015 läuft auf vielkernigen Ryzen-CPUs flotter als auf Intel-Quads ohne SMT. Und so langsam kommt auch die Spielewelle ins Rollen, die jenseits von sechs Prozessorkernen skaliert. Assassin's Creed Origins und Star Wars Battlefront 2 sind prominente Beispiele, mit ihren Multithreading-Fähigkeiten aber noch relativ allein. Das wird sich im Laufe des Jahres ändern.

Ein Prozessor ist somit eine langfristige Investition, sodass Sie im Zweifel eher zu mehr Kernen greifen sollten. Wer für die Zukunft gerüstet sein möchte – und vielleicht nebenher streamt –, befolgt unseren Rat und investiert in einen Sechskerner. Idealerweise unterstützt dieser SMT, wie der Core i7-8700(K) oder der R5-1600(X)/-2600(X). Zwackt das Budget, tut es derzeit auch noch ein Quadcore. Durch die niedrigere Kernzahl ist SMT hier etwas hilfreicher. Jedoch ist der preisliche Abstand zwischen R5-1500(X) oder -2400G und dem sechskernigen R5-1600 gering. Im Bereich um 100 Euro gibt es auch von AMD keine SMT-Quads, sodass hier der Core i3-8100 mit seiner höheren Pro-MHz-Leistung gegenüber dem Ryzen 3 punkten kann.

Prozessoren ab acht Kernen bringen speziell in Spielen wenig Extra-Leistung, allerdings kosten sie speziell im Falle von AMDs Ryzen 7 auch keine Unsummen mehr, Sie machen auch mit einem solchen Modell nichts falsch. Wenn Sie des Öfteren leistungshungrige Anwendungen wie Videoschnitt oder -transcoding oder 3D-Rendering nutzen, lohnt sich der Griff zu einem Ryzen 7 2700(X) definitiv. Intels Pendant, der Core i7-7820X, kostet immer noch fast 500 Euro und fällt daher für die meisten Anwender aus dem Budget.

Spielt Geld keine Rolle, bietet AMD derzeit maximal 16 Kerne in Form des rund 840 Euro teuren Ryzen Threadripper TR-1950X. Er findet auf TR4-Boards ab circa 280 Euro Platz. Bei Intel kostet dieselbe Kernzahl beim Core i9-7960X bereits über 1.500 Euro. Dass die nötigen X299-Boards rund 100 Euro günstiger als die TR4-Modelle sind, fällt da schon fast nicht mehr auf. Das obere Ende der Fahnenstange markiert der Core i9-7980XE mit 18 Kernen (36 Threads) für über 1.800 Euro. *(rv/cs)*

Bis 100 Euro

Vier Kerne für Sparfüchse

Wer sein Glück nicht auf dem Gebrauchtmarkt versuchen will, der muss mit einem Neuwaren-Budget bis 100 Euro Kompromisse eingehen. Spielen ist aber grundsätzlich kein Problem.

Nicht jeder Spielebegeisterte kann oder will hundert(e) Euro nur für den Prozessor seines PCs ausgeben. Die Zeiten, in denen „Low Budget" mit „Less Cores" gleichzusetzen war, sind jedoch endgültig vorbei, Vierkerner haben die Macht übernommen. Liegt das Budget bei rund 100 Euro, hat der SMT-lose Core i3-8100 (ca. € 100,-) die frühere Core-i5-Riege komplett überflüssig gemacht, sofern auch ein neues Mainboard samt Speicher auf dem Plan steht – wie seine größeren Coffee-Lake-Kollegen benötigt er ein Mainboard mit B360-, H370- oder Z370-Controller. Letzterer ist in Kombination mit einem günstigen Intel-Prozessor mit werkseitiger Overclockingsperre herausgeworfenes Geld, befriedigt aber die Gelüste passionierter Übertakter nebst entsprechender CPU.

AMD ist ebenfalls stark aufgestellt. Mit der modernen Ryzen-Architektur und der zugehörigen AM4-Plattform erfordert der R3-2200G (ca. € 90,-) nicht mehr die Kompromisse, wie sie noch die ebenfalls günstigen, aber stromdurstigen FX-Modelle oder Intels Pentiums mit sich bringen: Gute Pro-MHz-Leistung, sparsamer Betrieb und folglich leise Kühlung sowie freigeschalteter Multiplikator für lohnenswertes Übertakten lassen in Verbindung mit der integrierten Vega-Grafik kaum Wünsche offen – und optional kann eine dedizierte Grafikkarte verwendet werden, wenn bessere Qualität und/oder höhere Fps gewünscht sind.

Alternativen

- **Keine – faktisch stellen die aktuellen Modelle die beste Wahl dar, ihre Vorgänger sind veraltet. Wer beispielsweise noch auf den Sockel AM3 setzt, sollte diesen veräußern, anstatt in einen schnelleren Prozessor zu investieren – die Funktionen der Plattform nehmen dadurch nicht zu und stromdurstig ist jeder FX-Prozessor. Intels frühere i3- und Pentium-Chips sind ebenfalls keine gute Wahl, da sie nur über zwei Kerne (teilweise plus SMT) verfügen.**

Bis 250 Euro

Sechskerner (und Quadcores)

Die Frage, ob Sie einen Vier- oder Sechskern-Prozessor kaufen sollten, hängt von Ihren Nutzungsgewohnheiten ab, doch auf lange Sicht lautet die Antwort definitiv Hexacore.

Spieler mit etwas dickerem Geldbeutel greifen mindestens zu einem Vierkern-Prozessor. Einen solchen gibt's beispielsweise in Form des Core i3-8300 für 130 Euro. Intel verzichtet bei diesem und anderen Einsteigermodellen auf SMT, sodass die Kerne vier Threads parallel abarbeiten können. Das genügt für gute Spieleleistung. AMD hat, wenn man vom R3-2200G und R5-2400G absieht, seine Vierkerner noch nicht auf Ryzen-2000-Technik umgestellt, allerdings sind die SMT-fähigen und somit achtfach parallel arbeitenden Modelle von 2017, wie der Ryzen 5-1400 (ca. 115 Euro), breitflächig verfügbar und somit attraktiv. Für die AMD-Chips spricht weiterhin die freie Übertaktbarkeit, welche Intel bei Einsteigermodellen verhindert.

Das Problem aller Vierkerner: Für vergleichsweise wenig Aufpreis gibt es bereits Sechskern-CPUs – im Falle der Ryzen sogar mit SMT, bei denen stattliche zwölf Threads die anfallenden Aufgaben stemmen. Die Kraft der sechs Herzen erweist sich in modernen Spielen als das Optimum, die Bildraten fallen hier etwas besser aus als bei vergleichbaren Vierkernern. Außerdem erkaufen Sie sich damit Reserven, um während des Spielens zu streamen. Insofern raten wir Ihnen dazu, in einen Core i5-8400 (ab 165 Euro) oder Ryzen 5-2600 (ab 180 Euro) zu investieren. Das Intel-Angebot liefert eine etwas höhere Spieleleistung, lässt sich aber praktisch nicht übertakten.

Alternativen

- **Wer vor Gebrauchtware nicht zurückschreckt, kann alternativ zu einem älteren R5-1600X greifen, diesen ordentlich übertakten und somit den einen oder anderen Euro sparen.**
- **Noch im Sommer werden voraussichtlich die „kleinen" Ryzen-2000-Modelle R5-2500X und R5-2300X erscheinen und das AMD-Portfolio komplettieren. Möglicherweise lässt sich hier ein Schnäppchen machen.**

Bis 400 Euro

Achtkerner zum Mitnahmepreis

Wer partout einen Achtkern-Prozessor haben möchte oder sogar benötigt, muss keine 1.000+ Euro anlegen: AMD bietet den Ryzen 7 2700X zum Kampfpreis von knapp über 300 Euro an.

Wenn es einen Bereich gibt, den AMD mit Ryzen komplett umgekrempelt hat, dann den der Achtkerner. Diese waren zuvor von Intel nur zu Mondpreisen oberhalb von 1.000 Euro erhältlich und die teilweise als Achtkerner platzierten AMD-FX-CPUs waren eben keine vollständigen Octocores. Mit Ryzen 7 kam jedoch Bewegung in den Markt und die vor Kurzem veröffentlichte Revision namens Ryzen 2000 verbessert den ohnehin guten Unterbau an entscheidenden Stellen.

Der schnellste AMD-Achtkerner für den Sockel AM4 ist der Ryzen 7 2700X. Tatsächlich hat AMD im Gegensatz zu Ryzen 1000 noch keinen „2800X" veröffentlicht, behält sich diese Option allerdings vor. Das ist halb so schlimm, denn der PCGH-Leistungsindex spricht eine klare Sprache: Wer seinen Prozessor für praktische Anwendungen abseits von Spielen verwendet, erhält bereits mit dem R7-2700X eine sehr hohe Leistung. Was das Rendern von Videos, das Bearbeiten von Bildern oder das (Ent-)Packen von Archiven angeht, führt diese Leistung direkt zu gesparter Zeit – und Zeit ist bei Profis Geld. Intel hält selbstverständlich Alternativen mit acht Kernen bereit, die daran hängende Plattform, der Sockel 2066, ist jedoch kostspielig und nicht sonderlich energieeffizient. Wer möchte, erhält beispielsweise in Form des Core i7-7820X (ca. € 460,-) eine etwas höhere Anwendungsleistung als beim Ryzen 7-2700X.

Alternativen

- **Der Ryzen 7-2700 (Sockel AM4) leistet beinahe genauso viel wie der 2700X, ist ab Werk energieeffizienter und lässt sich optional auf ähnliche Frequenzen (knapp über 4 GHz) übertakten.**
- **Core i7-8700K oder der Jubiläumsprozessor i7-8086K (Sockel 1151): Beide Sechskerner liefern aufgrund ihrer starken Pro-MHz-Leistung in den meisten Spielen bessere Bildraten als ein Ryzen-Achtkerner – ihre Anwendungsleistung ist jedoch geringer.**

Für Gutbetuchte

16+ Kerne für Power-User

Beim Besten vom Besten sinkt das Preis-Leistungs-Verhältnis rapide. Für Spiele ist diese Gewichtsklasse kein Thema, wohl aber beim Produktiveinsatz, etwa dem Videoschnitt.

Der Bereich über 400 Euro lohnt sich objektiv gesehen nur für die wenigsten Anwender – hier sind meistens eher der „Haben wollen"-Faktor, teilweise auch der Basteldrang, aber manchmal auch die Notwendigkeit für mehr als 64 GiByte RAM ausschlaggebend. Nichtsdestotrotz sind hier die schnellsten x86-Prozessoren zu finden. Einzelne Spiele wie Assassin's Creed Origins und Star Wars Battlefront 2 profitieren bereits milde von mehr als acht Kernen und es besteht dank der modernen APIs Vulkan und Direct X 12 die Hoffnung, dass es künftig mehr werden. Bis es so weit ist, vergeht aber noch das eine oder andere Jahr.

Wer schon jetzt alles an Rechenleistung braucht, was er kriegen kann, der sollte sich nach einem Intel Core i9 oder AMD Threadripper umsehen. Beide fußen auf High-End-Technik, welche ihren Ursprung im Serverbereich hat. Sowohl der Sockel 2066 (Intel) als auch der Sockel TR4 (AMD) bieten einen vierfach ausgelegten Speicherkanal und können dementsprechend mit enormen Mengen an Arbeitsspeicher umgehen. Daneben punkten die „Fadenreißer"- und i9-Chips mit ihrer schieren Kernanzahl: Bis zu 16 AMD- respektive 18 Intel-Cores mit jeweils doppelter Threadmenge dank SMT warten darauf, Ihre Renderaufgaben rasant zu beenden. Topmodelle: Core i9-7980XE und Threadripper TR-1950X. Letzterer kostet nur so viel wie Intels Zehnkerner i9-7900X.

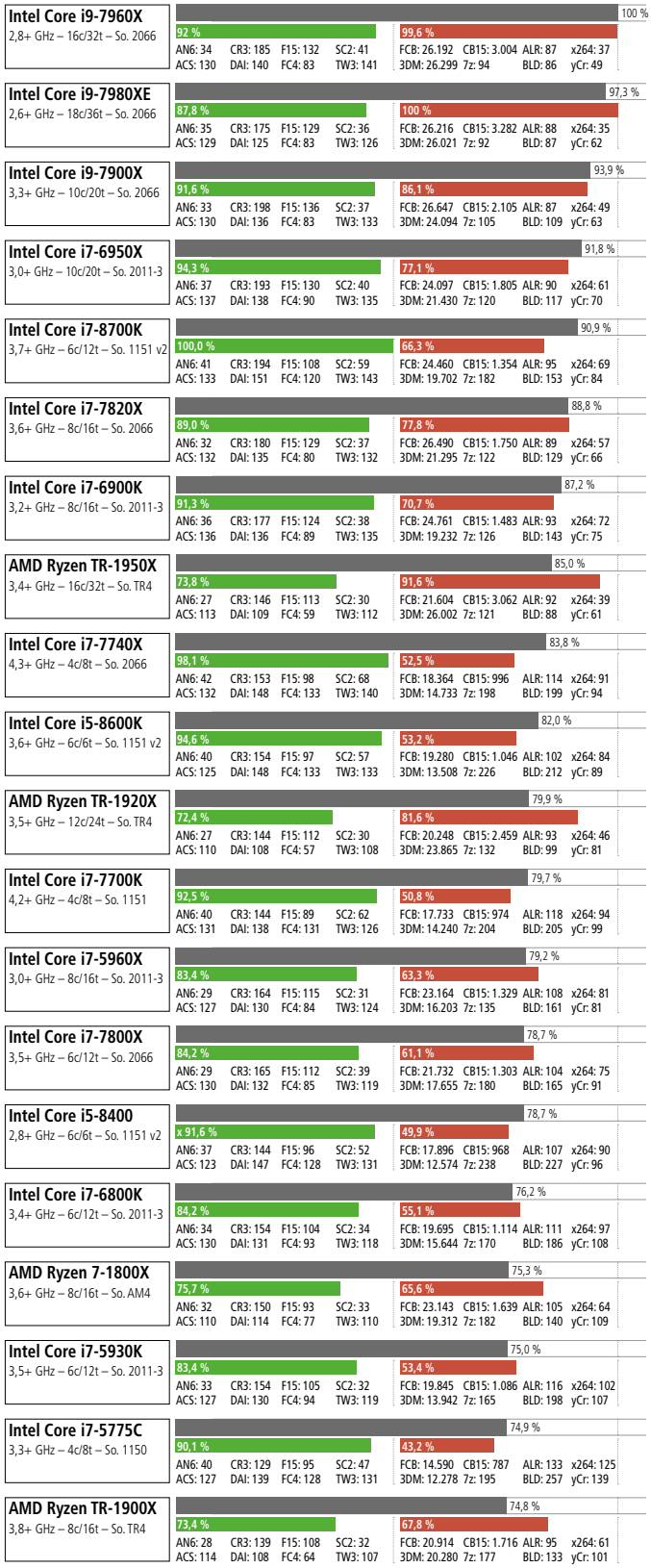
Alternativen

- **AMD hat für den Spätsommer (Q3/2018) den Threadripper 2000 mit bis zu 32 Kernen angekündigt, wobei auch Modelle mit 24 Kernen erscheinen werden. Parallel hat Intel eine Vorschau auf den Nachfolger von Skylake-X gegeben: Bis zu 28 Kerne wird er haben, als Core i9 erscheinen und gewiss ein kleines Vermögen kosten. Die Veröffentlichung ist erst für das vierte Quartal 2018 geplant; weitere Informationen seitens Intel folgen.**

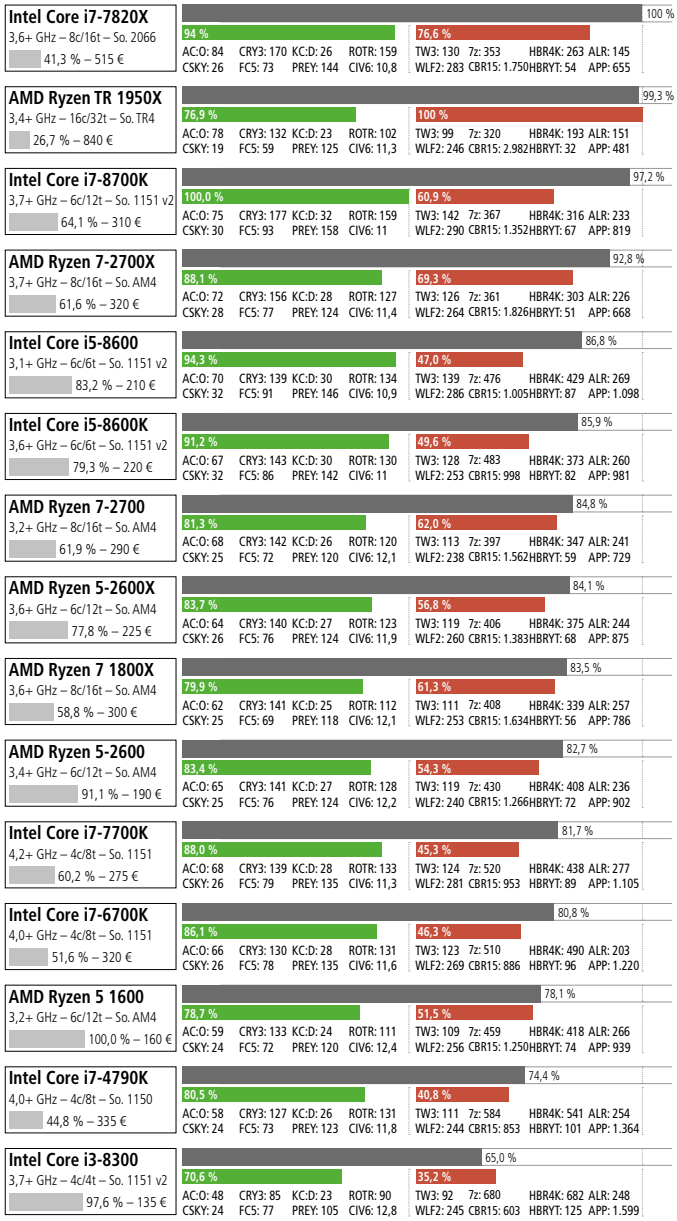
PCGH-Leistungsindex Prozessoren

BESSER ▶ | **Normierte Leistung** Preis-Leistungs-Verhältnis Gesamtindex Spieleindex Anwendungsindex

Top 20: CPU-Parcours 2017



Top 15: CPU-Parcours 2018



Der PCGH-Leistungsindex für Prozessoren ist in diesem Sonderheft zweigeteilt. Hintergrund: Vor einigen Wochen renovierte PC Games Hardware die Testaufstellung für CPUs – unter anderem mit Far Cry 5 (Bild) – und hat seitdem 15 Modelle durchgetestet. Diese sehen Sie auf der rechten Seite. Um Ihnen weitere Leistungsdaten und Vergleichswerte mit den CPU-Tests des Jahres 2017 zu geben, finden Sie außerdem die „alten", für sich genommen immer noch validen Ergebnisse dieser und anderer Prozessoren auf der linken Seite.

System (2017): 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz
System (2018): 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit (1803), Grafikkarte: Geforce GTX 1080 Ti @ 2.000/6.000 MHz

Frametimes verraten mehr als Durchschnitts-Fps

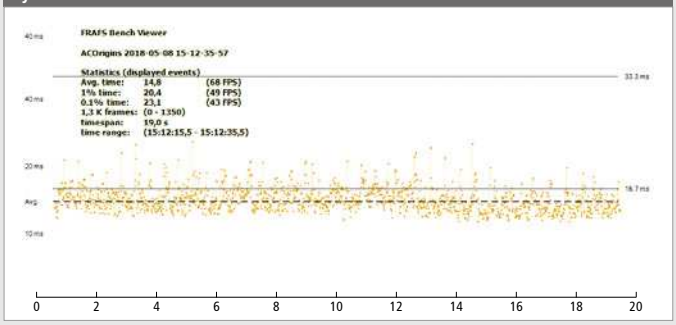
In einigen Fällen suggerieren klassische Benchmarks, welche die Durchschnitts-Fps angeben, eine bessere Performance, als sie tatsächlich vorherrscht. Frametimes, also die Zeit, welche zwischen Einzelbildern vergeht, offenbaren die „wahre" Leistung, denn hier wird jedes Frame und somit auch jeder Ausreißer während des Messzeitraums sichtbar. PCGH-Benchmarks haben ergeben, dass Prozessoren mit vielen Kernen tendenziell – nicht immer – bessere Frametimes mit geringeren Spikes erzeugen. Das liegt daran, dass Vielkerner stets einige Ressourcen frei haben, während beispielsweise ein Quadcore bei modernen Spielen am Auslastungslimit arbeitet.

Werfen wir einen Blick auf Assassin's Creed Origins. Das Spiel lastet Vielkernprozessoren besser aus als jedes andere, sodass bei gleichem Takt (!) die Regel gilt: 10 > 8 > 6 > 4 Kerne. Dabei nimmt der Nutzen jenseits von sechs Kernen deutlich ab, aber er ist vorhanden. Das gilt jedoch nur für eine prozessorlastige Stadt wie das weitläufige, von unzähligen Charakteren bevölkerte Alexandria. Im Umland zählt primär die Leistung der Grafikkarte.

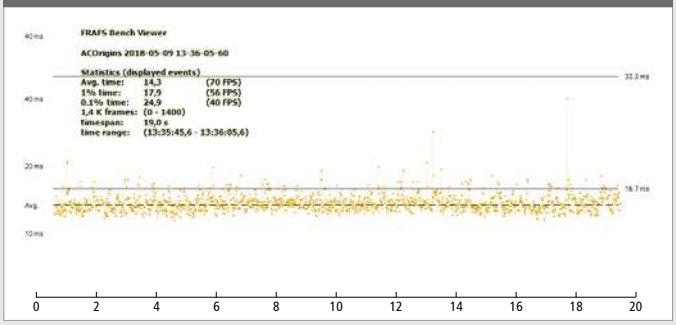
Die Verläufe zeigen die aktuell besonders empfehlenswerten Prozessoren von AMD und Intel im Direktvergleich. Der Core i3-8300, das günstigste und nur mit vier Kernen ohne SMT ausgestattete Modell, erzielt die geringste Bildrate, die Frametimes sind jedoch in Ordnung. Die anderen Chips sind mit sechs und im Falle der Ryzen-7-CPUs sogar mit acht Kernen ausgestattet. Letztere bringen in Kombination mit dem opportunistischen, Temperatur- und Power-abhängigen Turbo der neuen AMD-Prozessoren nicht zwingend einen Vorteil – der R5-2600 kommt bei weniger Kernen und etwas mehr Boost an den R7-2700 heran. Der Core i5-8600K zeigt das Verhalten der meisten Spiele: SMT hat eine leicht bremsende Wirkung und streut die Frametimes, daher ist der SMT-lose Sechskerner besonders stark (ebenso sein kaum übertaktbarer Bruder ohne K-Suffix).

Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt!

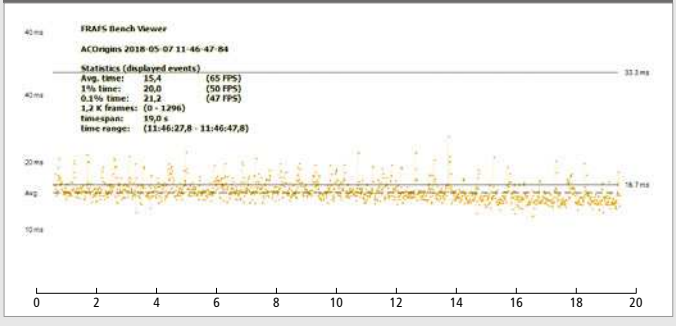
Ryzen 7-2700



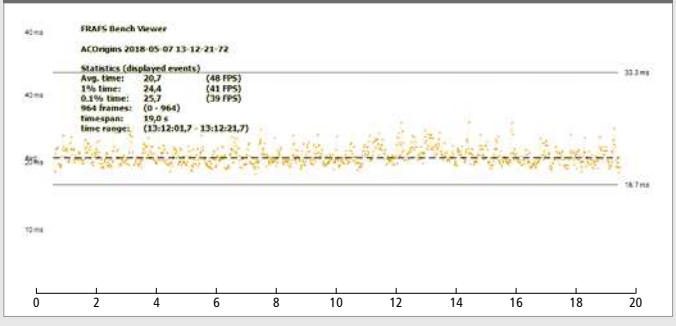
Core i5-8600



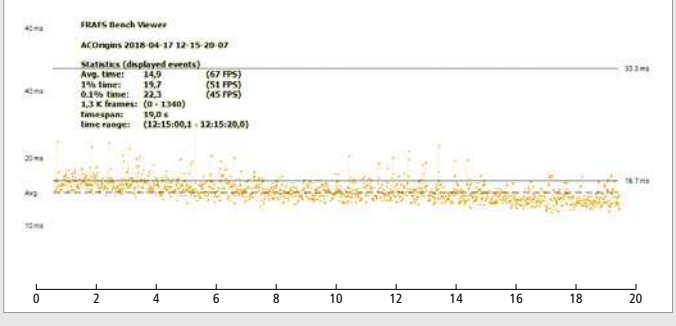
Ryzen 5-2600



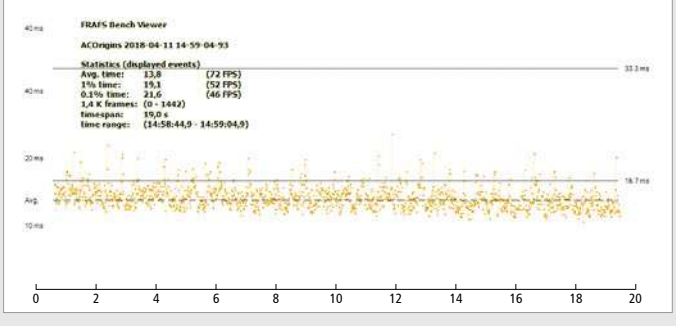
Core i3-8300



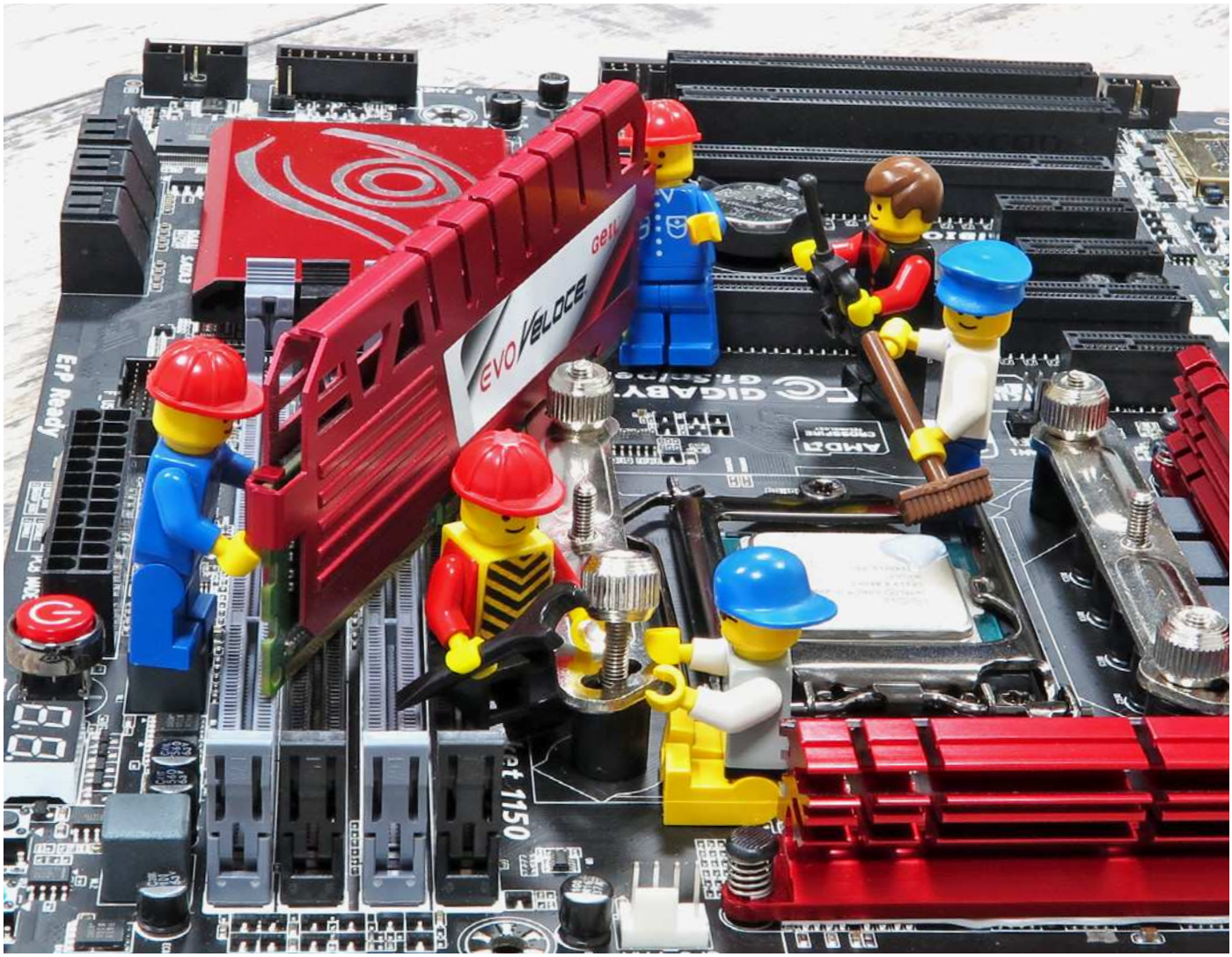
Core i5-8600K



Ryzen 7-2700X



System: MSI Geforce GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-RAM (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler von AMD und Intel herausgegebener CPU-Spezifikation), Windows 10 x64 (1803i), Geforce 391.35
Bemerkungen: Alle CPUs arbeiten zwecks maximaler Pro-Takt-Leistung mit Dual-Rank-Speicher (DDR4-2667). Ryzen 2000 kann auch mit single-ranked DDR4-2933 betrieben werden, ist dann im Mittel aber minimal langsamer.



Das richtige Mainboard

Während CPU und GPU die maximale Leistung eines PCs definieren, ist die Hauptplatine für die Erweiterbarkeit, Anschlussfreudigkeit und damit letztlich die Nutzungsmöglichkeiten verantwortlich.

Reine Leistung war nie die größte Stärke des PCs. Dank kontinuierlicher Weiterentwicklung (und weniger Rücksicht auf Baugröße und Stromverbrauch) schlägt er zwar auch in diesem Aspekt oft die Konkurrenz, das schlecht optimierbare offene Design erfordert aber einen größeren Aufwand, den man beim Endpreis merkt – Surfen kann man heute auf dem Tablet meist günstiger, Spiele in niedriger bis mittlerer Grafikqualität sind eine Domäne von Konsolen und bei der Verwaltung von Multimediasammlungen werden Festplattenrecorder und MP3-Radios gerade von smarten Lautsprechern verdrängt. Aber versuchen Sie mal, eines dieser Geräte mit einer neuen Grafikkarte für die nächste Spielegeneration nachzurüsten. Genausowenig kann man eine zweite Festplatte einbauen oder die Audiosektion mit einer Soundkarte aufwerten, Start- und Ladevorgänge mit einer NVME-SSD verkürzen, Zusatz-Hardware für Videoschnitt/-capture, Anlagensteuerung oder eine eindrucksvolle LED-Beleuchtung verbauen.

Sie würden dieses Heft vermutlich nicht lesen, wenn Sie nicht längst von den beiden Hauptvorteilen eines PCs überzeugt wären: Flexibilität und Erweiterbarkeit. Und für beide Aspekte ist das Mainboard entscheidend, denn es verbindet alle anderen Komponenten.

Aufgabenteilung

Für die Leistung spielen Hauptplatinen dagegen keine Rolle mehr. Seit vielen Jahren sitzt neben dem Speicher- auch der PCI-Express-Root-Controller in der CPU; abseits der reinen Plattform- respektive Sockelwahl und damit dem verwendbaren CPU-Typ hat das Mainboard also quasi keinen Einfluss auf die Arbeitsgeschwindigkeit. Kleinere Unterschiede resultieren noch aus den UEFI-Voreinstellungen; stärker noch als in der BIOS-Vergangenheit hat die herstellerspezifische Firmware Einfluss auf die Arbeitsparameter von CPU und RAM. Innerhalb der Spezifikationen ist der Spielraum hier aber auf ein bis zwei Prozent Rechengeschwindigkeit beschränkt – und Übertakten sollte man unserer Erfahrung nach entweder manuell oder gar nicht.

Eine anhaltend große Rolle spielen dagegen die Verbindungsmöglichkeiten des Mainboards, denn grundsätzlich lässt sich nur Peripherie nutzen, für die eine passende Schnittstelle vorhanden, frei und aktiv ist. Zwar gibt es auch

Adapter und Nachrüstcontroller, sodass beispielsweise ein Mangel an USB-Ports durch eine Steckkarte ausgelichen werden kann. Dies ist aber eben nur möglich, wenn noch ein freier PCI-Express-Slot übrig ist. Und eine Onboard-Implementation der benötigten Schnittstellen ist natürlich auch deutlich preisgünstiger.

Individuelle Planung

Dem Wort „benötigt" kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, denn ein Überschuss an allem ist technisch kaum möglich und praktisch kaum bezahlbar. Je genauer man seine eigenen Bedürfnisse kennt, umso günstiger und einfacher lassen sich beim Mainboard-Kauf Überfluss am einen und Enttäuschungen am anderen Ende vermeiden. Beachten Sie aber die Lebensdauer moderner PCs: Viele Nutzer mit fünf Jahre alten Mainboard-CPU-Kombinationen denken noch lange nicht ans Aufrüsten.

Gerade High-End-Zusammenstellungen könnten durchaus bis Mitte des nächsten Jahrzehnts gute Dienste leisten und darüber hinaus noch als Zweit-PC Verwendung finden. Über die Jahre verändern sich Nutzungsgewohnheiten, andere Peripherie wird angeschafft oder vielleicht erscheinen auch komplett neue, wichtige Schnittstellen. Reserven, Flexiblität und Nachrüstbarkeit sind daher wichtige Aspekte bei der Einschätzung des eigenen Mainboard-Bedarfs, denn ein späterer Austausch ist nicht nur physisch aufwendig, da bei einem Mainboard-Wechsel in der Regel der komplette Rechner neu aufgebaut werden muss. Zahlreiche Käufer günstiger Sockel-1150-Platinen stellen dieser Tage auch enttäuscht fest, dass sie mangels Verfügbarkeit gar nicht mehr auf die mittlerweile benötigte Oberklasse-Ausstattung aufrüsten können. Einige beliebte Enthusiast-Mainboards erzielen ein Jahr nach Ende der Verfügbarkeit sogar Gebrauchtpreise über dem ehemaligen Neupreis-Niveau!

Schnittstellenkunde

Welche Anschlüsse gibt es aber eigentlich und wie wichtig sind diese heute und in Zukunft? Wir geben einen Überblick.

USB 2.0: Weiterhin weit verbreitet. Die zweite USB-Generation ist zwar ein echter Rentner, genau deswegen aber der verbreitetste Anschluss für externe Peripheriegeräte. Eingabegeräte, Drucker und externe Sound-Lösungen können mit höheren Geschwindigkeiten sowieso nichts anfangen. Interne USB-2-0-Anschlüsse werden außerdem vermehrt von beleuchtetem (Kühlungs-)Zubehör genutzt, um RGB-LEDs in Software anzusteuern oder komplexe Überwachungsfunktionen bereitzustellen.

USB 3.0: Weiterhin weit verbreitet. Mit 5 GBit/s schlägt USB 3.0 den Vorgänger (480 MBit/s) um den Faktor 10 und stellt deswegen den Standard für externe Speichermedien dar. 400 MB/s sind in der Praxis realistisch, bei externen Festplatten limitiert aber das Laufwerk vorher. Ebenfalls dankbar für Datentransferraten über USB-2.0-Niveau sind viele Kameras respektive Kartenleser, externe 2D-Grafiklösungen und VR-Headsets beziehungsweise deren Tracking-Sensoren. Da USB 3.0 meist im klassichen Typ-A-Format bereitstellt wird, lassen sich außerdem alle USB-2.0-Geräte ohne Nachteile daran nutzen – aber auch ohne Vorteile. Deswegen sind zusätzliche, teurere 3.0-Anschlüsse kein Vorteil, wenn dann mangels 2.0-Anschlüssen sowieso nur eine Maus daran hängt. Mechanisch nicht abwärtskompatibel sind übrigens die internen Anschlussformate für USB 2.0 und 3.0, weswegen mehr als ein USB-3.0-Header für die typischerweise zwei Frontanschlüsse des Gehäuses nutzlos ist.

USB 3.1: Die Zukunft. Aber ab wann? Die neueste USB-Generation legt noch einmal nach und erlaubt mit 10 GBit/s höhere Datentransferraten als interne SATA-SSDs. Entsprechende Laufwerke oder gar USB-Sticks sind aber teuer und kaum weiter verbreitet als Gehäuse mit USB-3.1-Frontanschlüssen. Daher sind zwei rückseitige Anschlüsse zumindest heute noch mehr als ausreichend. In Zukunft dürfte USB 3.0 aber vollständig von 3.1 verdrängt werden. Unterscheiden muss man die USB-3.1-Geschwindigkeit (10 GBit/s) übrigens vom Namen „USB 3.1" und dem gleichzeitig eingeführten Typ-C-Stecker. So werden nämlich auch 3.0-schnelle 5-GBit/s-Anschlüsse als „USB 3.1 Gen1" verkauft und das mechanische Typ-C-Format kommt auch für 3.0- und an Peripheriegeräten sogar für 2.0-Anschlüsse zum Einsatz. Ebenfalls nicht selbstverständlich

AMD-TR4-Mainboards (Threadripper)

Asrock X399 Taichi

AMDs Threadripper-Plattform bietet so viele Ressourcen, dass selbst die teuersten Mainboards kaum noch Platz für Mehrwert finden – während eines der günstigsten Modelle gleichzeitig PCGH-Testsieger ist.

Vier DDR4-Kanäle (zu je zwei Modulen), ein riesiger Sockel und 60 freie PCI-Express-3.0-Lanes: Bei AMD-TR4-Mainboards lautet die Frage nicht, ob die Ressourcen reichen, sondern wie man sie im ATX-Format überhaupt nutzen soll. Die Standard-Antwort lautet: 8 RAM-Slots, drei M.2-Steckplätze (alle m-Key 3.0 ×4), zwei PCI-Express-×16- und zwei -×8-Slots. Wohlgemerkt jeweils mit exklusiver Anbindung an die CPU, sodass selbst bei gleichzeitiger Auslastung keine Flaschenhälse auftreten – außer auf Seiten des Anwenders, der soviel In- und Output gar nicht effektiv nutzen kann. AMDs X399-I/O-Hub steuert 8 SATA-6-GBit/s-Anschlüsse und zwei interne Header für jeweils zwei USB-3.0-Fontanschlüsse bei. Ergänzt wird diese „Standard-Ausstattung" bei Asrock noch um einen U.2-Anschluss, dessen Nutzung aber den ersten M.2 deaktiviert, und um einen einsamen PCI-Express-×1-Steckplatz im Zentrum der Platine. Der Schnittstellen-Overkill setzt sich am I/O-Panel fort: Neben dem üblichen Audio-Block und einem altmodischen PS/2-Anschluss bietet das X399 Taichi 2× USB 3.1, 8× USB 3.0, Dual-LAN und 2×2-ac-WLAN – was will man mehr? Eventuell einen internen USB-3.1-Header für entsprechende Gehäuse-Frontanschlüsse, denn auf diesen verzichtet Asrock leider, im Gegensatz zu vielen TR4-Konkurrenten. Dafür reicht der Abstand zwischen CPU-Sockel und oberstem PCI-Express-Steckplatz auch für große CPU-Kühler aus, was bei Threadripper-Platinen keine Selbstverständlichkeit ist. Die Masse an Erweiterungsslots schreit förmlich nach multiplen Grafikkarten und wenn diese genug Abstand für ihre Kühler haben sollen, wird es in der oberen Boardhälfte schnell eng. Asrock findet aber sogar noch Platz für ausladende Spannungswandlerkühler, sodass das X399 Taichi in unserem TR4-Test zu den kühlsten Platinen gehörte. Das mag bei einem 320-Euro-Produkt selbstverständlich erscheinen, aber bei bis zu 250 Watt System-Leistungsaufnahme ohne Auslastung der Grafikkarte liegen Konkurrenzprodukte schon mal knapp 10 Kelvin über den 66 °C, die wir bei Asrock ohne Übertaktung gemessen haben. Auch die Steuerung für CPU-Kühler und Gehäuse-Lüfter wird den meisten Bedürfnissen gerecht.

Mainboards für Intel Sockel 1151 (Coffee Lake – Celeron,

Asrock H370 Pro4

Mainboards können reichlich Special-Features und Zusatz-Ausstattung enthalten, müssen sie aber nicht. Und das merkt man dann beim Preis.

Bei Sockel-1151-Mainboards herrscht derzeit eine absurde Situation: Beim für die Ressourcen maßgeblich verantwortlichen PCH (ehemals „Chipsatz", heutzutage aber nur noch aus einem Chip bestehend) ist das neueste, hochentwickeltste Modell der beschnittene H370, während die Spitze der Produktpalette vom technisch aus dem Januar 2017 stammenden Z370 gebildet wird, dessen Ablöse in Form des Z390 wir erst Ende August erwarten. Bis dahin profitieren die neuen Mittelklasse-Platinen auf Basis des H370 von neuen Features wie einem integrierten USB-3.1-Controller, während die darüber angesiedelten Z370-Produkte einen Teil ihrer eigentlich umfangreichen PCI-Express-Ressourcen in Zusatzcontroller investieren. Unterm Strich stehen für den Endnutzer eine sehr ähnliche Ausstattung, aber etwas niedrigere Preise beim H-Modell.

Im Falle des Asrock H370 Pro4 umfasst diese beispielsweise zwei M.2-Steckplätze mit vollen 32 GBit/s, zusätzlich zu einem 3.0-×4-PCI-Express-Slot, der via Adapter eine dritte oder beliebige andere schnelle Erweiterungen aufnehmen könnte. Aufgrund von Ressourcenteilung müssen dann aber zwei der drei 3.0-×1-Slots deaktiviert werden. Hiervon unberührt ist der einzelne 3.0-×16-Slot, der direkt von der CPU versorgt wird und für die Grafikkarte genutzt werden sollte. Eine Verteilung der CPU-Ressourcen auf zwei Grafikkarten-Steckplätze ist dagegen beim H370 Pro4 unmöglich, da Intel diese Funktion für alle H- und B-PCHs sperrt. Das gleiche gilt leider für Übertaktungsoptionen: Im Gegensatz zu Z370-Modellen sind hier die Multiplikatoren sowohl für den CPU-Kern- als auch für den RAM-Takt gesperrt. Übertakten ist also selbst dann unmöglich, wenn man etwas mehr Geld in einen i5-8600K oder einen i7-8700K investiert – und das schließt ausdrücklich auch Arbeitsspeicherfrequenzen über DDR4-2666 aus. Wieder auf Augenhöhe mit günstigen Z370-Modellen ist dagegen die USB-Ausstatung des H370. Je zweimal USB 3.1, 3.0 und 2.0 am I/O-Panel sowie 4× USB 3.0 intern sollten den meisten Anwendern reichen; für die Nachrüstung von WLAN sind ein e-key-M.2 und eine Antennenhalterung vormontiert. Merklich hinter diesem zurück bleibt leider der Onboard-Sound auf Basis des veralteten Realtek ALC892-Codecs und auch die Spannungswandlerkühlung ist nur befriedigend, was für ein ohnehin übertaktungsuntaugliches Mainboard aber keinen großen Nachteil darstellt.

MSI Z370 Gaming Pro Carbon

Eine echte „Gaming"-Platine muss nicht nur schnell sein, sie sollte auch flott aussehen. MSIs Gaming Pro Carbon bietet die volle Optik-Dosis.

Da die Geschwindigkeit eines Systems kaum noch durch das Mainboard beeinflusst werden kann, müssen sich die Hersteller andere Distinktionsmerkmale suchen. Die Ausstattung kommt einem natürlich zuerst in den Sinn – und MSIs Z370 Gaming Pro Carbon leistet sich hier keine größeren Schwächen. Zwei 32-GBit/s-M.2-m-Key-Steckplätze für SSDs (die Nutzung des zweiten deaktiviert zwei der sechs Sockel-1151-typischen SATA-Anschlüsse), zwei USB-3.1-Ports hinten und ein dritter als Header für Front-Panels onboard sowie je sechs USB-3.0- und -2.0-Anschlüsse (zwischen I/O-Panel und Onboard-Header 4 zu 2 respektive 2 zu 4 verteilt) sollten für die Peripherie nahezu aller Nutzer reichen. Wer zusätzlich WLAN möchte, bekommt beim 25 Euro teureren Z370 Gaming Pro Carbon AC auch noch eine WLAN-Karte beigelegt. Grafikkarten nehmen Z370-typisch entweder in einem (×16) oder in zwei Slots (dann ×8/×8) Platz, für sonstige Erweiterungen einschließlich der WLAN-Karte bei der AC-Version stehen drei ×1- und ein x4-Steckplatz zur Verfügung. Kritisieren müssen wir aber, dass die oberen beiden ×1-Slots leicht von Grafikkartenkühlern blockiert werden können, während der untere ganz deaktiviert wird, sobald eine ×4-Karte im entsprechenden Slot sitzt.

Mit dieser Ausstattung ragt das Gaming Pro Carbon nur ein bisschen aus der Masse anderer Z370-Boards heraus, weswegen MSI zusätzlich große Aufmerksamkeit auf die Optik legt. Eine elegante Abdeckung schwingt sich vom I/O-Panel bis über die Spannungswandlerkühler, ohne dabei deren Funktion nennenswert zu beeinträchtigen, und wird stellenweise in beliebig wählbarer Farbe beleuchtet. Zusätzliche und sehr kräftige LEDs befinden sich auf der Unterseite der rechten Platinenkante, wo sie das Mainboard-Tray und so indirekt die rechte Gehäusehälfte ausleuchten können. Wer weitere wortwörtliche „Highlights" setzen möchte, dem stehen neben zwei Headern für konventionelle RGB-Leuchtstreifen ein dritter für solche mit einzeln adressierbaren LEDs und ein passender Spezialanschluss für Corsairs neue programmierbare RGB-Produktoffensive zur Verfügung. Neben diesen Optik-Features, die nicht den Geschmack jedes Käufers treffen können, bringt das „Gaming"-Branding aber auch noch einen durchaus guten Onboard-Sound sowie eine sehr vielseitige Lüftersteuerung mit sich. Letztere ist zwar auch auf anderen MSI-Boards zu finden, aber das tut der Attraktivität des Gaming Pro Carbon keinen Abbruch.

Pentium, Core i3, i5 und i7)

Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7

Was sucht die beste Spiele-CPU in zweitklassigen Mainboards? Wenn nach Kauf des i7-8700K noch Geld übrig ist, empfehlen wir Gigabyte.

Intel-CPU-Spezifiaktionen enthalten neben dem bei Nutzung aller Kerne anliegenden Turbo-Takt auch eine maximale Wärmeabgabe und Leistungsaufnahme in Form der TDP. Viele Mainboard-Hersteller scheinen aber nur den ersten Teil zu lesen, denn in unserem Z370-Vergleichstest haben wir mit einem „95 Watt"-i7-8700K bis zu 200 W Leistungsaufnahme gemessen. Das strapaziert nicht nur den Prozessor in gleichem Maße wie Overclocking (ohne aber nennenswerte Leistungsvorteile zu bieten), sondern führt auch zu hohen Temperaturen und möglicherweise Kühlproblemen. Einzig Gigabytes Werkseinstellungen blieben mit maximal 120 Watt nahe an den Intel-Vorgaben. Gerade unerfahrenen Anwendern, die nicht selbst im UEFI TDP-Limits konfigurieren möchten, sollte dies gelegen kommen. Auch für alle anderen interessant ist die Ausstattung des Z370 Gaming 7: Hochwertiger Onboard-Sound, ganze drei 32-GBit/s-M.2-m-Key-Steckplätze (der zweite deaktiviert allerdings zwei SATA-Ports, der dritte teilt seine Ressourcen mit dem PCI-Express-×4-Slot) und ein durchdachtes Erweiterungsslot-Layout fallen sofort ins Auge. Letzteres ermöglich zumindest bei Einbau einer Dual-Slot-Grafikkarte die Nutzung aller drei ×1-Slots; wer Triple-Slot-Grafikkarten oder ein SLI-Gespann aus zwei Dual-Slot-Modellen verwendet, kann zumindest noch zwei ×1- und eine ×4-Karte zusätzlich unterbringen. Abgerundet werden die internen Anschlüsse mit Headern für 1× USB 3.1, 2× USB 3.0 und 4× USB 2.0.

Extern finden wir gleich sieben USB-3.x-Ports vor, zwei davon erreichen die volle 3.1-Geschwindigkeit von 10 GBit/s. Ebenfalls doppelt vorhanden ist GBit-LAN, wahlweise mit einem Intel- oder einem Rivet-Killer-Controller. Modder freuen sich derweil über indirekte RGB-LED-Beleuchtung unter anderem an der I/O-Blende, den RAM- und den PCI-E-Slots, aber auch für Tweaker hat Gigabytes Aorus-Serie viel zu bieten. So stellt die Onboard-Lüftersteuerung neben MSI das beste Angebot am Markt dar und kann im Falle des Z370 Gaming 7 dank zweier externer, frei positionierbarer Temperaturfühler noch flexibler die eigenen Kühlungsbedürfnisse berücksichtigen. Das Board selbst verfügt über einen kleinen Lüfter unter der I/O-Blende, um die Kühlung der Spannungswandler zu verbessern. In unserem Test war dieser glücklicherweise aber nie nötig, im Gegenteil: Auch passiv gekühlt gehört das Gaming 7 zu den kältesten von uns getesteten Coffee-Lake-Mainboards.

sind die erweiterten Stromversorgungsmöglichkeiten von USB Power Delivery, die zusammen mit 3.1 und Typ-C spezifiziert wurden.

SATA 6 GBit/s: Zurückgehende Basis. Das interne Gegenstück zu USB 3.0 ist die dritte SATA-Generation: seit Jahren im Einsatz, immer noch schnell genug für viele Anwender, aber technisch überholt. Da sich schnelle M.2-SSDs zunehmend verbreiten und optische Laufwerke aussterben, gehen Bedarf und Angebot an SATA-Ports stetig zurück.

M.2: Vielseitig, aber unübersichtlich. M.2 beschreibt Steckplätze für interne Mini-Steckkarten auf Mainboards, die unterschiedliche Funktionen haben und verschiedene Schnittstellen nutzen können. Viel Aufmerksamkeit erhalten High-End-NVME-SSDs mit 32 GBit/s über PCI-E-3.0-×4, die neuesten Budget-Modelle nutzen eine halb so breite ×2-Anbindung. Alternativ ist aber auch SATA im M.2-Format möglich – ohne Geschwindigkeitsvorteil gegenüber den bekannteren 2,5-Zoll-Laufwerken. Allen SSDs gemeinsam ist hierbei die Nutzung von M.2-Slots mit m-Kodierung. Daneben gibt es auch mechanisch inkompatible M.2-e-Key-Slots, die bislang nur von WLAN-Modulen genutzt werden und somit als Mini-PCI-Express-Nachfolger betrachtet werden können.

U.2: Server-Exot. Ebenfalls vier PCI-E-3.0-Lanes für SSDs stellen U.2-Anschlüsse bereit, allerdings via Kabel für 2,5-Zoll-Laufwerke. Das ist praktisch bei vielen SSDs, aber teuer, ohne weitere Vorteile und deswegen nur in Servern üblich.

PCI-Express: Die Basis für fast alles. Für die neuesten SSDs wurde PCI-Express nur adaptiert, seit langem Standard sind die klassischen PCI-Express-Steckplätze. In diese münden eine oder mehrere sogenannte PCI-Express-Lanes; die Gesamtdatenrate eines Slots und auch von Steckkarten wird durch die Zahl der genutzten Lanes und deren Geschwindigkeit definiert. Bei letzterer ist PCI-Express 3.0 mit knapp 1 GB/s je Lane aktuell, auf AMD-Plattformen findet sich zusätzlich aber auch noch das in beide Richtungen kompatible 2.0-Format mit 0,5 GB/s. Für langsamere Erweiterungen wie Soundkarten reicht 2.0 vollkommen aus, schnelle Zusatzcontroller setzen aber zunehmend auf 3.0 und Grafikkarten sowieso. Typisch für letztere ist hierbei die Nutzung von 16 Lanes, wobei die Karten mit leichten Leistungseinbußen auch in ×8-3.0-Slots genutzt werden können. Als PCI-E-Karte ausgeführte Luxus-NVME-SSDs und schnelle Zusatzcontroller nutzen dagegen das ×4-Format (Server-Hardware auch ×8), dem deswegen eine besondere Bedeutung zukommt: Wer in Zukunft eine Schnittstelle nachrüsten möchte, die zum Zeitpunkt des Mainboardkaufs nicht verfügbar oder zu teuer war, muss fast immer auf ×4-Steckkarten setzen. Aktuelle Kandidaten wären 10-GBit/s-LAN, Intels Thunderbolt, zusätzliche M.2-Slots und USB 3.2. Die breite Masse leistungsunkritischer Erweiterungskarten ist dagegen mit ×1 vollkommen zufrieden, funktioniert aber auch in größeren Slots problemlos. Umgekehrt können schnelle PCI-E-Karten immer in Steckplätzen mit weniger Lanes betrieben werden, solange sie mechanisch passen. Consumer-Mainboards führen deswegen regelmäßig ×4- und zum Teil sogar ×1-Slots mechanisch als ×16 aus. Vorsicht: Im Werbematerial wird der Unterschied gerne verschwiegen.

PCI, PS/2, COM, LPT: Legacy-Formate. Für moderne Hardware ohne Bedeutung und entsprechend selten sind Schnittstellen aus den 90ern. Besitzer von Spezial-Hardware können es mit Adaptern auf PCI-Express respektive USB versuchen.

DDR & CPU-Sockel: Selbsterklärend. Bei den Steckplätzen für Arbeitsspeicher und CPU gibt es nur wenig zu beachten. Seit über einem Jahr setzen sowohl AMD als auch Intel nur noch auf DDR4, die offiziell freigegebenen Taktraten stehen in den CPU-Spezifikationen und in der Praxis ist meist mehr möglich – Details finden Sie in unserer Kaufberatung für RAM und CPU. Der richtige Sockel für letztere ist ebenfalls eindeutig definiert und somit der Ausgangspunkt jeder Systemplanung. Fallstricke gibt es hier nur zwei: Mainboards aus der ersten AMD-AM4-Generation (A320, B350 und X370 I/O-Hub) benötigen gegebenenfalls ein UEFI-Update für die neuesten CPUs, das sich nur mit einer alten CPU einspielen lässt. Platinen aus Intels erster Sockel-1151-Generation (100er und 200er PCHs) sind dagegen generell inkompatibel zu den aktuellen CPUs (Core-i-8000-Generation) – und umgekehert. *(tv)*

Mainboards für AMD Sockel AM4 (Ryzen CPUs & APUs:

Asus B350-Plus

AMD verkauft für die AM4-Plattform sehr attraktive Einsteiger-Prozessoren, Asus hat ein preislich passendes Mainboard im Angebot.

Zum Redaktionsschluss dieses Sonderheftes hat AMD noch keinen passenden Einsteiger-I/O-Hub für die neuen Ryzen-2000-Prozessoren vorgestellt. Auf der Computex wurden zwar schon mehrere „B450"-Mainboards gezeigt, technische Details werden aber erst im Verlauf des Juli erwartet. Da viele der Platinen nahezu 1:1-Kopien der B350-Vorgänger sind und keine zusätzlichen Anschlüsse zu sehen waren, rechnen wir mit einer gleichbleibenden Ausstattung. Die alte Garde hat somit nur einen Firmware-Nachteil, denn für Ryzen-2000-Kompatibilität muss meist (vom Händler oder mit einer Ryzen-1000-CPU) ein aktuelles UEFI aufgespielt werden.

Im Falle des B350-Plus erhält man dann ein System mit der B350-typisch knappen, aber ausreichenden Ausstattung. Laufwerksseitig werden viermal SATA 6 GBit/s und eine 32 GBit/s M.2-SSD unterstützt (ein fünftes und sechstes SATA-Laufwerk sind nur bei Verzicht auf die SSD möglich), Grafik- und Erweiterungskarten nehmen in einem PCI-Express-3.0-×16-, zwei -2.0-×1- und einem -2.0-×4-Slot Platz. Letzter erreicht seine namensgebende Geschwindigkeit aber nur, wenn die ×1-Slots deaktiviert werden. Zwei herkömmliche PCI-Steckplätze ermöglichen die Verwendung alter Erweiterungskarten, beispielsweise einer Soundkarte als Ersatz für den einfach gehaltenen ALC887-Onboard-Sound. AM4-typisch gut ist die USB-Ausstattung mit 2× 3.1, 4× 3.0 und 2× 2.0 extern sowie einem respektive zwei 2.0- und 3.0-Headern intern. Sonst spart Asus aber, wo es nur geht; sogar die Platine wurde gegenüber dem normalen ATX-Format um 5 mm gekürzt, sodass sie sich nicht mehr auf der dritten Abstandshalter-Spalte im Gehäuse abstützt und die Spannungswandler erwärmten sich in unserem Test bis auf 80 °C. Für ein übertaktungstaugliches Board würde man sich eigentlich eine bessere Kühlung wünschen, verglichen mit anderen 80-Euro-B350-Angeboten ist Asus aber noch der Einäugige unter den Blinden.

MSI X470 Gaming Plus

Eine Ryzen-CPU allein ergibt noch kein günstiges System – MSI steuert ein X470-Mainboard mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis bei.

Der X470 I/O-Hub wurde zusammen mit und für die Ryzen-2000-CPUs vorgestellt, ist aber natürlich auch zur ersten Generation und den APUs kompatibel. Obwohl es sich um das neue AMD-Topmodell handelt, sind auch günstige Mainboards wie das X470 Gaming Plus damit ausgestattet, was sicherlich auch der gegenüber dem X370 unveränderten Ausstattung geschuldet ist. Diese bewegt sich somit weiterhin auf einem Niveau, das unter dem von Intels B360-Mittelklasse liegt – allerdings ohne deren Übertaktungssperren, denn bei AMD sind alle I/O-Hubs ab dem B350 aufwärts und alle Prozessoren für händisches Tuning freigeschaltet.

Für 140 Euro wird dies beim X470 Gaming Plus mit zwar deutlich aufwendigeren Spannungswandlern, aber nur leicht besseren Spannungswandlerkühlern im Vergleich zu Asus' B350-Plus unterstützt. Anstelle einer lastabhängigen Offset-Vcore-Steuerung verweist MSI nur auf die aggressive Load-Line-Calibration, die die Kernspannung unter Volllast um 0 (Level 1) bis 70 Prozent (Level 8) anhebt. Die Lüftersteuerung entspricht dagegen den bereits beim Z370 Gaming Pro Carbon gelobten, klar über Asus angesiedelten Niveau und spätestens bei den Schnittstellen bemerkt man den Unterschied zwischen B350 und X470. So bietet das X470 Gaming Plus 6× SATA 6 GBit/s zusätzlich zum primären 32-GBit/s-M.2-Steckplatz und kann auch noch eine zweite ×4-M.2-SSD mit 16 GBit/s via PCI-Express 2.0 versorgen. Der sekundäre M.2 leiht sich seine Lanes zwar beim PCI-Express-2.0-×4-Slot, dafür sind hier die drei ×1-Steckplätze unabhängig von anderen Onboard-Komponenten immer aktiv. An der Rückseite des Boards findet man erneut acht USB-Ports verteilt auf die Formate 3.1, 3.0 und 2.0 in Verhältnis 2:4:2 und daneben einen kompletten Audio-Block mit einem digitalen und fünf analogen Anschlüssen, hinter denen immerhin noch ein Realtek ALC 892 steckt.

DARK BASE 700

Beeindruckende Kühlleistung, leiser Betrieb

- Erweiterte Möglichkeiten für individuelle Anforderungen
- Zwei be quiet! Silent Wings 3 140mm PWM Lüfter
- Fortschrittlichste Lüftersteuerung
- Platz für Wasserkühlungsradiatoren bis zu 360mm
- LED-Außenbeleuchtung mit 6 wählbaren Farben

GERMANY'S NO. 1 PSU MANUFACTURER
*GfK 2018

be quiet!®

Pinnacle Ridge, Summit Ridge & Raven Ridge)

Asus Prime X470-Pro

Der X470 bietet eigentlich zu wenig Ressourcen für echte Oberklasse-Produkte, aber Asus holt wirklich das Letzte aus dem I/O-Hub heraus.

Gegenüber Intels Sockel 1151 hat der Sockel AM4 einen echten Nachteil, wenn es um Luxus geht: Nach standesgemäßem Anschluss einer Grafikkarte, einer 32-GBit/s-M.2-SSD, zweier USB-3.1-Geräte und (bis zu) sechs SATA-6-GBit/s-Laufwerken bleiben auf Z370-Mainboards noch 16 PCI-Express-3.0-Lanes für sonstige Erweiterungen übrig. Beim X470 sind es dagegen nur 8 Lanes und diese auch noch nach altem 2.0-Standard. Will man darüber beispielsweise eine zweite NVME-SSD anschließen, ist das Budget nicht nur sehr schnell ausgeschöpft, selbst moderne Budget-Modelle mit 3.0-×2-Anbindung laufen so nur mit halber Geschwindigkeit.

Asus ist es als erstem und bislang einzigem Hersteller gelungen, dieses Limit zu umgehen, indem man zwei für SATA vorgesehene, aber auch SATA-Express-taugliche Ports des X470 in vollwertige PCI-E-3.0-Lanes verwandelt und so einen zweiten 16-GBit/s-M.2-Port anbindet. Die genutzten Tricks würden den Rahmen dieses Heftes sprengen, funktionieren aber problemlos und selbst die einhergehende Deaktivierung von zwei ×1-Slots (2.0!) macht Asus verschmerzbar: Der ×4-Slot und ein dritter ×1 lassen sich nicht nur elektrisch zusammen mit dem zweiten und ersten M.2 nutzen, sondern sind auch mechanisch so platziert, dass sie selbst in einem System mit zwei Dual-Slot-Grafikkarten zugänglich bleiben. Auch sonst weiß das Prime X470-Pro für 170 Euro zu gefallen. ALC1220-Onboard-Sound, USB 3.1 intern wie extern und sechs USB-3.0-Anschlüsse an der Rückseite sollten die Bedürfnisse fast aller Nutzer befriedigen. Obwohl sich die „Prime"-Serie nicht gezielt an Spieler oder Tweaker richtet, sind auch im UEFI alle relevanten und für AM4 verfügbaren Übertaktungsoptionen zu finden. Sogar ein Anschluss für externe Temperaturfühler hat es auf die Platine geschafft, leider aber keine großen Spannungswandlerkühler; die Temperaturen bewegen sich auf dem Niveau des günstigeren MSI-Angebots.

Gigabyte X470 Gaming 7 WIFI

Der Ryzen 7 2700X kann getrost als High-End bezeichnet werden und trotz limitierender Plattform gibt es dazu auch Oberklasse-Platinen.

Wie beim Prime X470-Pro beschrieben, ist eine Luxus-Ausstattung auf AM4-Basis mangels Ressourcen kaum zu realisieren. Abseits der reinen Anschluss- und Steckplatz-Anzahl können die Mainboard-Hersteller aber trotzdem ihr Know-how einbringen und echten Mehrwert bieten. Im Falle von Gigabytes X470 Gaming 7 gibt es deswegen zwar im zweiten M.2-Slot kein PCI-Express-3.0 (sondern nur vier 2.0-Lanes, die vom ×4-Slot geklaut werden), aber dafür WLAN onboard, die schon beim Z370 gelobte Beleuchtung und ein durchdachtes Layout, bei dem beide 2.0-×1-Slots relativ sicher vor Grafikkarten-Überdeckung sind. Für letztere stehen wie bei quasi allen X470-Mainboards zwei Slots bereit, die von der CPU entweder mit 16 und 0 oder mit je 8 PCI-Express-3.0-Lanes versorgt werden. Reichlich USB inklusive internem und externem 3.1 sind in der 240-Euro-Klasse ohnehin eine Selbstverständlichkeit, zusätzlich verbaut Gigabyte einen sehr hochwertigen Onboard-Sound, der die Analogeinheiten des eigentlich schon guten Realtek ALC1220 links liegen lässt und stattdessen einen hochwertigen Sabre-Digital-Analog-Wandler nebst einem dedizierten Operationsverstärker nutzt.

Eigentliches Highlight und selbst unter AM4-Oberklasseplatinen ein Alleinstellungsmerkmal sind aber die Spannungswandlerkühler. Neben einer Heatpipe verfügen diese über sehr viele, feine Lamellen, wie wir sie auf Mainboards seit langem nicht mehr sehen durften. Die Kühlleistung ist dank der riesigen Oberfläche exzellent und unterbietet die Spannungswandlertemperaturen des X470-Pro um beinahe 20 Kelvin (54 °C statt 71 °C)! Auch die UEFI-Optionen werden dem Übertakter-Anspruch gerecht und bei acht Lüfteranschlüssen, die beliebig nach sechs internen und zwei externen Temperaturquellen geregelt werden können, erhält auch das restliche System genau die Belüftung, die sich der Anwender wünscht.

SILENT LOOP
Beeindruckende Kühlleistung, leiser Betrieb
- Entkoppelte Reverse-Flow-Pumpe für flüsterleisen Betrieb
- Bis zu drei be quiet! Pure Wings 2 PWM Lüfter
- Vollkupfer-Radiator für hohe Kühlperformance
- Nachfüll-Port für lange Lebensdauer

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER
*GfK 2018
be quiet!®

Mainboards für Intel Sockel 2066 (Skylake X)

MSI X299 Raider

Enthusiast-Klasse für unter 200 Euro? Bei MSI gibt es das und trotz kleinerer Abstriche bleibt noch jede Menge Luxus übrig.

Der Sockel 2066 ist Intels Gegentück zu AMDs TR4. Das bedeutet Quad-Channel-DDR4, einen großen Sockel und Core-i9-CPUs mit 10 bis 18 Kernen, die dank höherer Pro-Kern-Leistung und monolithischem innerem Aufbau in Spielen deutlich vor ihren Threadripper-Gegenstücken liegen. Zusätzlich gibt es Sechs- und Achtkerner, die aber nur wenig Mehrleistung gegenüber Sockel-1151-Sechskernern bieten (in Spielen sind sie sogar klar langsamer) und nur über 28 statt 44 PCI-Express-Lanes (i9) verfügen. Zusammen mit den PCI-E-3.0-Ressourcen des PCH (auf Z370-Referenz-Niveau) reicht das zwar für fast alle Einsatzzwecke (nur zwei Grafikkarten mit je 16 Lanes sind nicht möglich), führt aber zu Funktionseinschränkungen auf den Mainboards. Bei MSIs X299 Raider, das sich mit knapp 200 Euro an die preisbewussteren Sockel-2066-Käufer richtet, merkt man dies vor allem an den Erweiterungsslots. Während Core-i9-Modelle zwei ×16- und einen ×8-Steckplatz ermöglichen, reduziert sich die Anbindung mit einem Core i7 auf ×16/×8/×4. Zusätzlich gibt es noch einen ×4 und einen ×1 über den PCH, sodass man trotz allem von reichlich Erweiterungsmöglichkeiten sprechen kann. Für schnelle SSDs stehen noch drei Onboard-Schnittstellen bereit: ein 32 GBit/s-M.2 mit komplett eigenen Ressourcen, ein zweiter 32 GBIt/s-M.2, zu dessen Gunsten vier der acht SATA-6-GBit/s-Ports deaktiviert werden, und einen U.2-Anschluss, der sich aber nicht gleichzeitig mit dem ×4-Slot nutzen lässt. Letztere Ressourcen-Teilung finden wir ausnahmsweise löblich, denn der große Sockel 2066 lässt nur wenig Platz für die Erweiterungsslots, die somit schnell von Grafikkartenkühlern blockiert werden – das exotische U.2-Format erlaubt dann weiterhin eine Nutzung der Lanes. Ebenfalls dem knappen Platz geschuldet ist der zweite Schwachpunkt des X299 Raider: Der Spannungswandlerkühler fällt eher klein aus und in unserem Mainboard-Test mit einem i7-7900X maßen wir bis zu 86 °C. Das liegt in Teilen auch an den UEFI-Werkseinstellungen, die deutliche TDP-Überschreitungen erlauben, sowie an der fehlenden Gehäuselüftung des offenen Teststandes; mit einem i7-7820X in realen Systemen sind unter 70 °C möglich. Übertakter von High-End-Prozessoren müssen aber auf einen angemessenen Luftzug an der Mainboard-Oberkante achten. Davon abgesehen bekommt man bei MSI zum kleinen Preis ein vollwertiges Mainboard; nicht einmal am Onboard-Sound (ALC1220) wurde übermäßig gespart und auch USB ist reichlicht vorhanden (je 4× 3.0 und 2.0 extern wie intern und 2× respektive 1× 3.1).

Asrock X299 Professional Gaming i9

Wer 1.900 Euro für einen i9-7980XE ausgibt, der erwartet vermutlich auch von seinem Mainboard Außergewöhnliches. Asrock liefert.

Über 16 USB-Ports intern und extern, zwei M.2-SSDs, drei Grafikkarten mit ×16/×16/×8-Anbindung sowie je acht RAM-Riegel und SATA-Laufwerke – schon die günstigsten Sockel-2066-Mainboards bieten mehr Ausstattung, als für 99 Prozent der Anwender sinnvoll wäre. Wie soll sich da ein Luxusangebot zum doppelten Preis absetzen? Die Standardantwort wäre WLAN, etwas mehr Aufwand beim Onboard-Sound und bessere Spannungswandler nebst -kühler. Natürlich bietet Asrock genau das: Hier kann man selbst den 18-Kerner-Core-i9 noch übertakten, ohne sich Sorgen um die Platine zu machen. Wenn wir die TDP-Zügel nach MSI-Vorbild fahren lassen, stagniert das Thermometer mit unserer 10-Kern-Test-CPU sogar bei 64 °C. Im Auslieferungszustand bleibt das X299 Professional Gaming i9 deutlich näher an den Intel-Vorgaben und verbraucht noch einmal 60 W weniger, was kalte 56 °C ermöglicht. Damit es den schwierig zu kühlenden Skylake-X-Prozessoren selbst nicht zu heiß wird, spendiert Asrock außerdem einen extra großen Abstand zwischen CPU-Sockel und erstem Grafikkarten-Slot.

Das alles sind Alleinstellungsmerkmale, ebenso wie der neunte und zehnte SATA-Anschluss oder die beiden Intel-GBit-LAN-Controller, aber das herausragende Special-Feature kommt von Aquantia: Das X299 Professional Gaming i9 hat nämlich noch einen dritten Netzwerk-Chip mit satten 10 GBit/s. Anderthalb Jahrzehnte nach den ersten GBit-Onboard-LAN-Lösungen läutet Asrock so eine neue Generation im heimischen WLAN ein, denn die (theoretisch) 125 MB/s von 1-GBit-Verbindungen bremsen NAS und Heimserver schon lange aus. Entsprechende Peripherie ist zugegebenermaßen noch teuer und selten, aber das gilt auch für 400-Euro-Mainboards und 1.900-Euro-Prozessoren. Weitere Investitionsmöglichkeiten bietet das X299 Professional Gaming i9 in Form von zwei 32-GBit/s-M.2-Slots, die ihre Ressourcen vom PCH beziehen, sowie einem dritten, der nach AMD-Vorbild direkt von der CPU versorgt wird (nur in Verbindung mit Core i9). Trotz der ausgesprochen langen Feature-Liste müssen sich übrigens keine Anschlüsse irgendwelche Ressourcen teilen, alle genannten Schnittstellen können gleichzeitig genutzt werden! Nur bei den Erweiterungsslots muss man sich entscheiden: Zweimal 16 und einmal 8 oder dreimal 8 und einmal 16 3.0-Lanes? Mit 24-Lane-CPU wird noch ×16/×0/×8/×0 oder ×8/×0/×8/×8 geboten, zusätzlich gibt es einen einsamen 2.0-×1-Slot.

Alpenföhn®

mehr Informationen

BROCKEN 3

MULTI-SOCKET CPU COOLER

DIE 3. GENERATION UNSERES ERFOLGSKÜHLERS

- > Asymmetrischer Tower-Kühler
- > Enorm leistungsfähiger Wing Boost 3 140-mm-Lüfter
- > Bis zu 220W TDP
- > RockMount-Montagesystem ermöglicht unkompliziertere Installation auf fast allen CPU-Sockeln

10/2017

TOP-PRODUKT

EKL

Alpenföhn Brocken 3

PC Games Hardware

DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

FAZIT PCGH

„Zusammengefasst lässt sich sagen, dass EKL einen sehr guten Kühler gebaut hat, laut PCGH-Wertungssystem sogar den besten überhaupt.“

www.alpenfoehn.de

Bild: pixabay

DDR4-Speicher

Immer bessere Grafik erzeugt auch immer größere Datenmengen, sodass Spieler auf viel und guten RAM angewiesen sind. Hier finden Sie das zu Ihren Gewohnheiten passende DDR4-Kit.

Die wichtigste Eigenschaft von RAM ist die Kapazität, denn sie hat den größten Einfluss auf die Leistung des gesamten Systems. Bei einer zu kleinen Speichermenge müssen häufig Inhalte von der SSD oder HDD angefragt werden, da der Arbeitsspeicher nicht alle benötigten Daten vorrätig halten kann. Da diese Speichermedien deutlich langsamer als RAM sind, bekommen Sie diese Wartezeiten zu spüren. Bei einfachen Aufgaben wie Internet-Surfen ist das noch zu verschmerzen, bei PC-Spielen ist aber schnell die Ruckel-Schmerzgrenze erreicht.

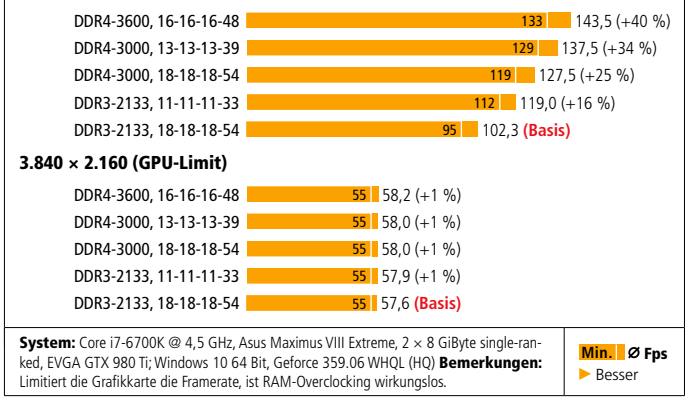
Bedauerlicherweise ist RAM derzeit relativ teuer, die Preise steigen seit bald zwei Jahren an. Mit relevanten Preisrückgängen in den nächsten Monaten ist nicht zu rechnen. Das Warten auf niedrigere RAM-Preise lohnt sich voraussichtlich nur, wenn sie mindestens ein halbes Jahr auf ein Speicher-Upgrade verzichten können. Für alle, die schon jetzt den passenden Speicher – etwa für einen Ryzen 2000 oder Core-i-8000 – benötigen, haben wir aktuelle Empfehlungen.

Vorweg: Mengenlehre

Blendet man die Kosten aus, gilt eine Regel: Zu viel Speicher gibt es nicht. Allerdings können Sie eine höhere Systemleistung erzielen, wenn Sie Ihr Geld statt in möglichst viel Arbeitsspeicher in die tatsächlich benötigte Kapazität und in RAM-Module mit besseren Leistungswerten (Takt/Timings) stecken. PC Games Hardware hat in einigen Messreihen untersucht, welche Leistungsunterschiede sich durch den Einsatz von 4, 8, 16 und 32 GiByte RAM in den Titeln Battlefield 1, The Division, The Witcher 3, Doom und Skyrim Special Edition (inklusive Grafikmods) ergeben. Zur Analyse eignen sich Frametime-Diagramme am besten, da sie kleine Nachladeruckler gut sichtbar machen, die sich in Balken-Benchmarks nur durch leicht niedrigere Minimum- oder Durchschnitts-Fps zeigen. Wenn das System innerhalb weniger Minuten mehrfach kurz stockt, leidet das Spielvergnügen stärker als man es anhand der durchschnittlichen Framerate vermuten würde. Mit 8 GiByte laufen die meisten aktuellen Spiele zwar, Sie müssen aber mit Einschränkungen rechnen: Im Direktvergleich mit 16 GiByte treten zum Beispiel in Battlefield 1 mehr Mikroruckler auf. Die Frametimes, also die Zeitabstände zwischen zwei berechneten Einzelbildern, steigen in diesen Fällen auf 20 bis 25 ms, während die Frametimes mit 16 GiByte bei maximal 15 ms Verzögerung liegen. Da die größeren Schwankungen mit 8 GiByte irritieren, schließen wir uns der immer häufiger von Entwicklern ausgegebenen Empfehlung an: Mit 16 GiByte sind Sie in aktuellen Spielen gut aufgestellt. In Einzelfällen wie dem VR-Titel Ark Park liegt bereits die minimale Systemanforderung bei 16 GiByte!

32 GiByte bringen im Direktvergleich mit 16 GiByte kaum Vorteile, auch mit dieser Speichermenge können gelegentlich minimale Ruckler auftreten. Das liegt aber oft nicht am Speichermangel, sondern an Eigenheiten der Engine. Die mit Grafikmods verschönerte Skyrim Special Edition legt beispielsweise immer mal wieder eine kurze Nachladepause ein, wenn man die riesige Spielwelt durchstreift – an bestimmten Grenzen werden abrupt Daten nachgeladen. 32 GiByte sind für Spieler interessant, die ein größeres Budget haben, für alle Fälle gewappnet sein oder gerne Multitasking betreiben möch-

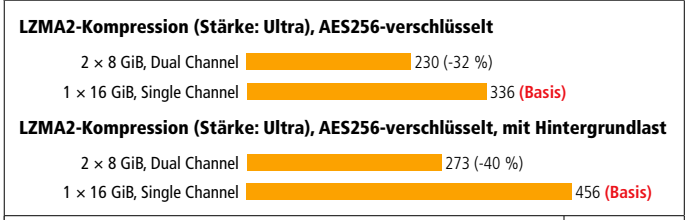
The Witcher 3: CPU- und GPU-Limit



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Limitiert die Grafikkarte die Framerate, ist RAM-Overclocking wirkungslos.

Min. Ø Fps
▶ Besser

7-Zip: Ca. 3 GB komprimieren und verschlüsseln



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA Geforce GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

Sekunden
◀ Besser

ten. Wenn Sie den Aufpreis gegenüber 16 GiByte zum Beispiel in die Grafikkarte investieren, haben Sie üblicherweise aber einen größeren Vorteil im Spielealltag.

Falls Sie intensiven Gebrauch von Bildbearbeitung, virtuellen Maschinen und/oder RAM-Disks machen, benötigen Sie womöglich sogar mehr als 32 GiByte. In diesem Fall können Ihnen Herstellerempfehlungen, die Erfahrungen anderer Nutzer und eigene Beobachtungen weiterhelfen. Photoshop reserviert sich etwa standardmäßig 70 Prozent des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers und gibt einen Effizienzwert aus, der im Idealfall bei 100 % liegt. Niedrigere Werte weisen auf eine Auslagerung auf die SSD oder Festplatte hin, die sich mit einer RAM-Aufstockung vermeiden lassen.

Zwei oder vier Kanäle?

Indem der RAM-Controller zwei, drei oder vier Module gleichzeitig anspricht, lässt sich die Transferrate deutlich erhöhen. Welche Art des Mehrkanalbetriebs Sie nutzen können, hängt von der verwendeten Plattform ab: Die am häufigsten genutzte Beschleunigungstechnik Dual Channel unterstützen Mainboards für die Sockel 1151 und AM4, bis zu vier Kanäle lassen sich mit den High-End-Plattformen Sockel 2066 und TR4 nutzen.

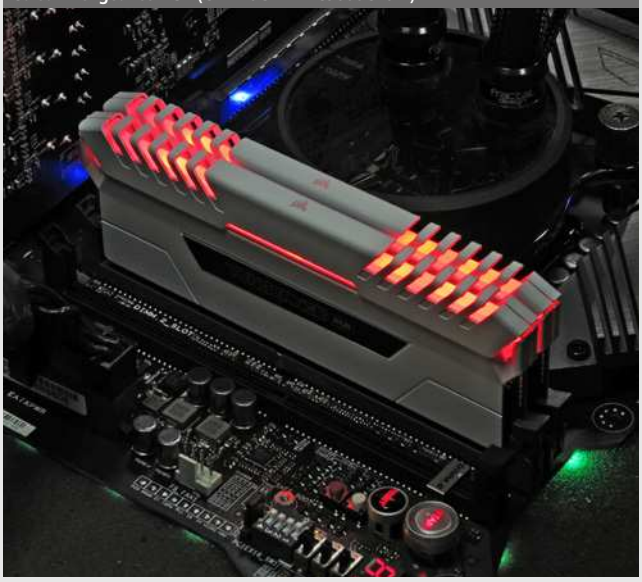
Die Fähigkeit zum Mehrkanalbetrieb ist eine Eigenschaft des RAM-Controllers, nicht der Speichermodule selbst. Im Handel angebotene Dual- oder Quad-Channel-Kits sind lediglich vom Hersteller für den Mehrkanalbetrieb zusammengestellte, baugleiche Riegel. Diese Produkte sind daher zwar empfehlenswert, aber kein Muss, um die Vorteile des Mehrkanalverfahrens nutzen zu können. Pro Kanal benötigen Sie mindestens ein Modul für den Mehrkanalbetrieb, außerdem sollte die Speichermenge pro Kanal identisch sein, da sonst Leistungsschwankungen auftreten. Welche Steckplätze die richtigen sind, können Sie stets dem Mainboard-Handbuch entnehmen.

Im Alltag bringt Mehrkanalbetrieb den größten Nutzen, wenn mehrere Programme gleichzeitig auf den Arbeitsspeicher zugreifen. Wenn Sie beispielsweise einige Gigabyte Daten komprimieren und in der Zwischenzeit nicht warten, sondern etwas spielen möchten, verhelfen mehr Speicherkanäle sowohl zu höheren Bildraten als auch einer kürzeren Kompressionszeit.

RGB-Lichtspiele sind im Trend

Konfigurierbare RGB-LED-Farbenspiele gibt es von den meisten RAM-Herstellern – abgebildet sind drei Beispiele. Die Beleuchtung gibt es allerdings nicht kostenlos; zum gleichen Preis erhalten Sie daher oft etwas schnellere Kits ohne LEDs.

Corsair Vengeance RGB (CMR16GX4M2C3600C18W)



G.Skill Trident Z RGB for AMD (F4-3200C14D-16GTZRX)

Patriot Viper RGB (PVR416G360C6K)

The Witcher 3 (720p – kein GPU-Limit)

i7-7820X @ 4,3/2,7 GHz (Kerne/Cache)

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-3200/CL16	133	139,8 (+17 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	130	138,3 (+16 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	129	136,5 (+14 %)
4×8 GiB, QC, DR, DDR4-2400/CL16	127	135,2 (+13 %)
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-2400/CL12	121	135,0 (+13 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	123	129,5 (+9 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	116	128,9 (+8 %)
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-2400/CL16	123	128,6 (+8 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	112	119,3 **(Basis)**

i7-7820X @ 4,3/2,7 GHz (Kerne/Cache), 4 × HCI Memtest

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-3200/CL16	86	97,5 (+129 %)
4×8 GiB, QC, DR, DDR4-2400/CL16	89	95,2 (+124 %)
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-2400/CL12	74	87,5 (+106 %)
4×8 GiB, QC, SR, DDR4-2400/CL16	69	80,8 (+90 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	50	62,1 (+46 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	44	58,3 (+37 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	42	55,8 (+31 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	38	47,4 (+11 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	36	42,5 **(Basis)**

i7-8700K @ 4,7/4,4 GHz (Kerne/Cache)

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	149	170,3 (+25 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	155	164,3 (+21 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	148	155,3 (+14 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	143	150,1 (+10 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	142	148,2 (+9 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	132	146,5 (+7 %)
4×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	138	145,6 (+7 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	135	142,8 (+5 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	122	136,3 **(Basis)**

i7-8700K @ 4,7/4,4 GHz (Kerne/Cache), 4 × HCI Memtest

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	81	94,3 (+41 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	75	84,5 (+26 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	69	76,1 (+13 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	67	73,4 (+9 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	64	71,3 (+6 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	63	68,8 (+3 %)
4×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	61	68,4 (+2 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	62	67,7 (+1 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	62	67,1 **(Basis)**

Ryzen 7 1700X @ 3,9 GHz

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	116	122,8 (+21 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	108	114,6 (+13 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	107	114,3 (+13 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	106	113,1 (+12 %)
4×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	97	111,8 (+10 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	103	109,7 (+8 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	102	107,9 (+7 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	100	106,9 (+6 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	90	101,3 **(Basis)**

Ryzen 7 1700X @ 3,9 GHz, 4 × HCI Memtest

	Min.	Ø Fps
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	38	56,5 (+40 %)
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL12	36	48,8 (+20 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-3200/CL16	37	47,7 (+18 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	32	47,3 (+17 %)
4×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	31	42,5 (+5 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL12	32	41,3 (+2 %)
2×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	30	40,5 **(Basis)**
2×8 GiB, DC, DR, DDR4-2400/CL16	31	39,5 (-2 %)
4×8 GiB, DC, SR, DDR4-2400/CL16	30	38,8 (-4 %)

System: Asus TUF X299 Mark 2 (UEFI 0802)/Maximus X Hero (UEFI 0802)/Crosshair VI Hero (UEFI 1701), MSI GTX 1080 Ti Gaming X 11G; Win 10 64 Bit, Geforce 385.41 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** DC/QC = Dual/Quad Channel, DR/SR = Dual/Single Rank

Min. Ø Fps
▶ Besser

In Spielen profitieren Sie ohne Hintergrundlast aber auch dann deutlich, wenn die Grafikkarte nicht die Bildrate begrenzt.

Der Mehrkanalbetrieb erhöht den Speicherdurchsatz deutlich und ist praktisch kostenlos, da sich Einzelmodule und Kits mit der gleichen Gesamtkapazität preislich kaum unterscheiden. Sehr hohe Speichermengen lassen sich sogar erst mit mehreren Modulen erreichen. Greifen Sie bei einem Neukauf, etwa beim Wechsel auf DDR4, am besten gleich zu einem Dual-/Quad-Channel-Kit mit zwei/vier identischen Sticks. Wenn Sie Module ersetzen oder die RAM-Menge aufstocken möchten, dann berücksichtigen Sie das Thema Mehrkanalbetrieb vor dem Kauf.

Takt und Timings

Die offiziellen Angaben zum unterstützten Speichertakt variieren zwischen den CPU-Serien und zum Teil einzelnen Modellen, auch die Anzahl der Module und Ranks spielt (gerade bei AMD) eine Rolle. In der Praxis lassen sich auch ohne Overclocking-Talent oft deutlich höhere Taktraten erreichen, indem lediglich das XM-Profil schneller RAM-Module im UEFI-Menü geladen wird. Die Limits hängen von vielen Faktoren ab, aktuelle Intel-Prozessoren auf Mainboards mit Z- oder X-PCH verkraften aber tendenziell höhere Taktraten als AMD-Chips. Während Ryzen-CPUs mit 2 × 8 GiByte im besten Fall ca. DDR4-3600 ermöglichen, sind Coffee-Lake-Chips auch für DDR4-4000+ geeignet. Die besten OC-Eigenschaften weisen Kits mit bestimmten Samsung-Chips („B-Die“) auf, die fast nur auf teuren Kits verbaut werden. Sie sind üblicherweise für DDR4-3200/14-14-14-x oder DDR4-3600/16-16-16-x und besser spezifiziert.

Tipp: Läuft das System nicht mit dem gewünschen Speichertakt, helfen oft eine Erhöhung der SOC-Spannung (AMD) oder der VCCIO- und System-Agent-Spannung (Intel). Tasten Sie sich hierbei in kleinen Schritten von maximal 0,050 Volt zusätzlich vor und beschränken Sie sich auf eine maximale Anhebung um ca. 0,200 Volt. Stärkere Erhöhungen sollten nur erfahrene Übertakter vornehmen, die bereit sind, Nachteile wie eine erhöhte Abnutzung für einen kleinen Leistungsvorteil in Kauf zu nehmen.

Die Timings entscheiden darüber, wie viele Taktzyklen für eine bestimmte Operation vergehen, niedrige Timings sind daher besser. Üblicherweise sind vier Latenzen, nämlich CAS (CL), RCD, RP und RAS hintereinander aufgeführt. Es handelt sich um relative Werte, die an die Taktfrequenz gekoppelt sind. Ein für 16-16-16-36 freigegebenes DDR4-3600-Kit ist also schneller als zum Beispiel DDR4-3000-Riegel mit den (vermeintlich) besseren Timings 15-15-15-35.

Ranks

Die Anzahl der Ranks beschreibt den internen Aufbau der Speichermodule. Module mit einer hohen Kapazität sind meistens dual-ranked. DDR4-Sticks mit 4 GiByte sind grundsätzlich single-ranked, mit 16 GiByte (aktuell noch) dual-ranked. Mehr Ranks bringen dank Rank-Interleaving ein kleines Leistungsplus. Für die Geschwindigkeit spielt es aber keine Rolle, auf wie vielen Modulen die Ranks verteilt liegen. Vier Single-Rank-Sticks sind bei einem Dual-Channel-System also ähnlich schnell wie zwei Dual-Rank-Module. Mit mehr Ranks ist dafür das OC-Potenzial etwas geringer. *(sw)*

RAM benötigt keine aktive Belüftung. Produkte wie der Corsair Vengeance Airflow richten sich üblicherweise an Übertakter, welche höhere Spannung anlegen.

Preiswerte 2 × 8 GiByte DDR4

Weniger als 16 GiByte empfehlen wir für aktuelle PC-Spiele nicht mehr. Diese Speichermenge muss auch kein Vermögen kosten.

Aegis ist die Sparserie von G.Skill und bietet anstelle eines Heatspreaders nur einen Aufkleber. Dafür locken die DDR4-Kits mit Tiefpreisen, etwa 150 Euro für die garantierte Taktrate DDR4-3000. Andere Produkte zu diesem Preis sind lediglich für DDR4-2133/2400 freigegeben. Falls Sie eine Standardspannung von 1,20 statt 1,35 Volt bevorzugen, hat G.Skill eine DDR4-2800-Alternative (www.pcgh.de/preis/1429150) für ebenfalls 150 Euro im Angebot. Preis pro GiByte: circa € 9,40.

www.pcgh.de/preis/1474853

2 × 8 GiByte DDR4 für Tuner

Hohe Taktfrequenzen, niedrige Timings – mit diesen Modulen haben Übertakter die Wahl.

Bei den Eckdaten DDR4-3600/16-16-16-36 sollten die bei Übertaktern beliebten Samsung-Chips (B-Die) verbaut sein. Darunter fällt das G.Skill-Kit Trident Z F4-3600C16D-16GTZ, dessen Standardspannung 1,35 Volt beträgt. (AMD-)Alternative: G.Skill Flare X mit DDR4-3200/14-14-14-34 @ 1,35 Volt (www.pcgh.de/preis/1590064). Beachten Sie, dass die Ryzen-Prozessoren nicht so gut für RAM-OC geeignet sind wie etwa Kaby oder Coffee Lake. Preis pro GiByte: circa € 15,-.

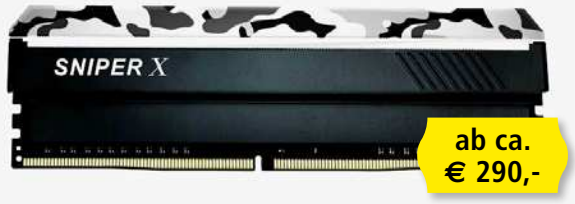
www.pcgh.de/preis/1374972

Preiswerte 2 × 16 GiByte DDR4

Auf zwei Module verteilte 32 GiByte bieten sich dann an, wenn Ihr Board nur zwei Slots hat oder Sie später RAM hinzukaufen möchten.

Die neue Sniper-X-Serie ist in verschiedenen Optikvarianten erhältlich, bei den Eckdaten DDR4-3000 und 16-18-18-38 bei 1,35 Volt ist das schwarze Design Urban Camouflage momentan am günstigsten. Die Riegel des Kits F4-3000C16D-32GSXWB sind 4,3 Zentimeter hoch und bieten eine höhere garantierte Taktfrequenz als ähnlich bepreiste Konkurrenzprodukte mit der zukunftstauglichen Speichermenge 2 × 16 GiByte. Preis pro GiByte: circa € 9,05.

www.pcgh.de/preis/1766100



Preiswerte 4 × 4 GiByte DDR4

Nutzer einer Quad-Channel-Plattform verwenden idealerweise mindestens vier Riegel, um höhere Transferraten zu erreichen.

Das Kit F4-2666C16Q-16GRB umfasst vier DDR4-2666-Module mit 4 GiByte Kapazität, welche für die Timings 16-16-16-36 bei 1,20 Volt spezifiziert sind. Falls es besonders kompakte Kühler sein sollen, empfiehlt sich der Griff zur Ballistix-Sport-LT-Serie, etwa in Form des Kits BLS4C4G4D26BFSB (www.pcgh.de/preis/1573637). Es kostet rund 10 Euro mehr und ist für höhere Timings, aber die gleiche Taktrate und Spannung freigegeben. Preis pro GiByte: circa € 10,60.

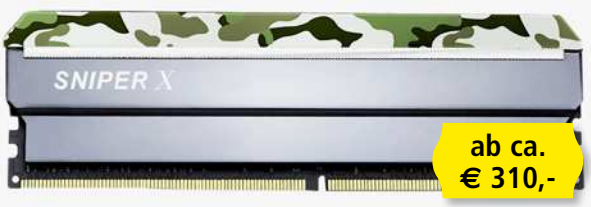
www.pcgh.de/preis/1194237

Preiswerte 4 × 8 GiByte DDR4

Kits mit vier Modulen eignen sich sowohl für Quad-Channel-Boards als auch zur Vollbestückung eines Dual-Channel-Systems mit vier Slots.

Das Kit F4-3000C16Q-32GSXFB ähnelt unserer Empfehlung für 2 × 16 GiByte und ist ebenfalls für DDR4-3000 (16-18-18-38) bei 1,35 Volt freigegeben. Zum Redaktionsschluss war die Variante Classic Camouflage am besten erhältlich. Sollen die Sticks kompakter sein, ist das Ballistix-Quartett BLS4C8G4D26BFSC (www.pcgh.de/preis/1572801) interessant. Es kostet allerdings mehr und ist lediglich für DDR4-2666 ausgelegt. Preis pro GiByte: circa € 10,95.

www.pcgh.de/preis/1766099



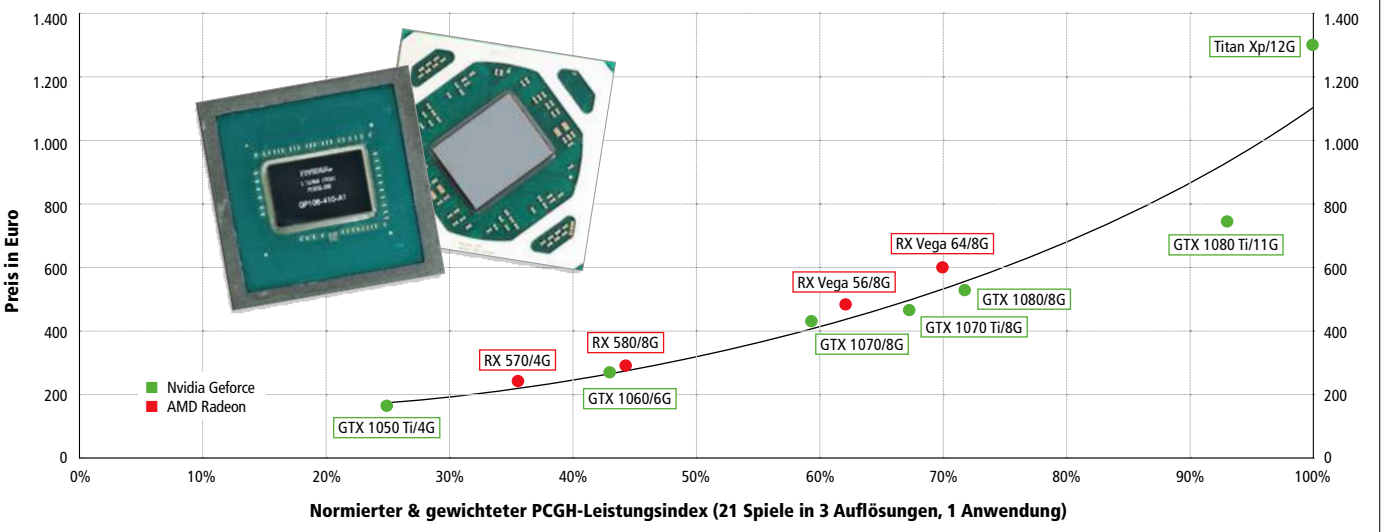
4 × 8 GiByte DDR4 für Tuner

Eine hohe Kapazität und aggressive Eckdaten – eine gute Wahl für PC-Spieler, die um jedes Fps kämpfen.

Die vier Riegel des Corsair-Vengeance-LED-Kits CMU32GX4M4C3600C18 sind dank guter Eckdaten (DDR4-3600, 18-19-19-39, 1,35 Volt) nicht nur flott, sondern sehen dank weißer LEDs auch schick aus. Falls Sie auf eine Beleuchtung verzichten können, bietet G.Skill mit dem Kit F4-3600C17Q-32GTZ (www.pcgh.de/preis/1418177) zum geringen Aufpreis noch etwas bessere Timings (17-18-18-38). Preis pro GiByte: circa € 12,80.

www.pcgh.de/preis/1799489

Gaming-Grafikkarten: Preis-Leistungs-Verhältnis



	Grafikkarte	Index Preis/Leistung	Leistungsindex	Index Anwendungen	Circa-Preis in Euro
	Nvidia Geforce GTX 1060/6G	100,0%	43,0%	58,7%	270
	AMD Radeon RX 580/8G	99,3%	44,3%	75,4%	280
	AMD Radeon RX 570/4G	93,1%	35,6%	66,6%	240
	Nvidia Geforce GTX 1050 Ti/4G	91,8%	24,9%	36,5%	170
	Nvidia Geforce GTX 1070 Ti/8G	89,9%	67,3%	74,6%	470
	Nvidia Geforce GTX 1070/8G	86,7%	59,4%	73,8%	430

	Grafikkarte	Index Preis/Leistung	Leistungsindex	Index Anwendungen	Circa-Preis in Euro
	Nvidia Geforce GTX 1080/8G	86,7%	71,9%	79,0%	520
	Nvidia Geforce GTX 1080 Ti/11G	79,1%	93,2%	87,4%	740
	AMD Radeon RX Vega 56/8G	78,1%	62,2%	97,0%	500
	AMD Radeon RX Vega 64/8G	73,2%	70,0%	98,7%	600
	Nvidia Titan Xp/12G	48,3%	100,0%	91,2%	1300

Sortiert nach bestem Preis-Leistungs-Verhältnis (absteigende Reihenfolge).

Basis: PCGH-Leistungsindex Grafikkarten in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Die Trendlinie verläuft exponentiell. Wer zu einem (Ca.-)300-Euro-Modell greift, erhält das beste Preis-Leistungs-Verhältnis.

Grafikkarten (GPUs)

Ohne eine potente Grafikkarte läuft im Spiele-PC nichts. Doch welches Modell genügt welchen Ansprüchen? In diesem Artikel erfahren Sie alles über Gaming-Modelle zwischen 170 und 1.300 Euro.

Die frohe Kunde direkt zum Start: Die meisten Grafikkarten sind endlich wieder bezahlbar! Ursächlich dafür ist das abgekühlte Interesse am Erzeugen von und Handeln mit Kryptowährungen. Der virtuelle Goldrausch hatte einen beispiellosen Höhenflug der Grafikkartenpreise zur Folge, welcher, zumindest was die aktuelle GPU-Generation angeht, zum Erliegen gekommen ist. Während sich die Grafikkartenhersteller über deutliche Umsatzeinbrüche beklagen, freuen sich Aufrüster über ein breites Angebot und attraktive Preise – einige Modelle sind beinahe so günstig wie nie. Doch welches genügt für welchen Anspruch?

Marktüberblick

Wer in der weit verbreiteten Full-HD-Auflösung alias 1080p weitgehend kompromisslos spielen möchte, der musste bei Redaktionsschluss dieser Ausgabe (Mitte Juni) mindestens 170 Euro investieren. In diesem Preissegment, das sich bis knapp über 200 Euro erstreckt, warten mehr oder minder stark übertaktete Varianten der Geforce GTX 1050 Ti auf Kundschaft. Die Nvidia-GPU ist sehr sparsam – die Leistungsaufnahme beträgt je nach Modell beim Spielen 60 bis 75 Watt –, hinkt der nächstbesseren Grafikkarte leistungsmäßig jedoch deutlich hinterher. Gemeint ist AMDs Radeon RX 570, welche andere Schwerpunkte setzt: Ihre Spieleleistung ist im Mittel gute 40 Prozent höher, wofür jedoch modellabhängig zwischen 145 und 225 Watt an Energie anfallen.

Ab der 300-Euro-Klasse erhalten Spieler kompromisslose, in Sachen Preis-Leistung (s. o.) sehr attraktive Grafikkarten für Full HD sowie, mit kleineren Detailabstrichen, ordentliche Leistung in WQHD/1440p. Die Radeon RX 580/8G und Geforce GTX 1060/6G liefern sich ein Kühler-an-Kühler-Rennen, im Mittel sind sie gleich schnell und liegen somit gute 20 Prozent vor der RX 570. Während die AMD-Karte mit der zukunftsfähigeren Speichermenge punktet, holt sich Nvidia erneut den Effizienzthron: GTX-1060-Boards begnügen sich je nach Modell und deren werkseitiger Übertaktung mit 120 bis 150 Watt; die RX 580 rangiert zwischen 180 und 240 Watt.

Das Segment zwischen rund 400 und 500 Euro wird von der Radeon RX Vega 56 sowie der Geforce GTX 1070 und GTX 1070 Ti in verschiedenen Farben und Formen bestimmt. Dabei handelt es sich ausnahmslos um 8-GiByte-Grafikkarten, welche eine sorgenfreie Performance in WQHD sowie erste Ultra-HD-Ausflüge ermöglichen; deutliche Fps-Unterschiede zwischen den Optionen sind nicht fühlbar. Welches Modell für Sie infrage kommt, hängt auch von Ihrem Bildschirm ab. Wer eines der zahlreich am Markt vertretenen Freesync-LCDs gekauft hat, ist für ein optimales Erlebnis auf eine RX Vega 56 angewiesen, während G-Sync-User ihr Glück in Form einer GTX 1070 (Ti) finden.

Eine Stufe darüber, zwischen rund 500 und 600 Euro, regieren die GTX 1080 und RX Vega 64. Ihr Leistungsplus deckt sich mit dem Aufpreis gegenüber den gerade behandelten Karten. Sie entscheiden, ob es das wert ist. Darüber hinaus betreten Sie Nvidia-Land: Die GTX 1080 Ti ist seit Monaten der unangefochtene Tipp für Spieler mit etwas größerem Budget – immerhin werden nun keine 900 Euro mehr fällig, sondern circa 750 Euro. Welches Modell Sie auch kaufen, flüssige Bildraten in Ultra HD sind problemlos möglich.

GPU-Leistungsindex 2018 – Top 20

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**
Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UHD ■ Anwendungen*

Nvidia Titan Xp

Takt: 1,60+/5,7 GHz
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 1.300 €

100 % | 100 % | 100 % | 91,2 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	93	163	113	90	90	69	55	113	77	168	166	90	73	124	205	109	66	170	102	99	198
1440p	73	127	86	56	60	58	46	83	63	106	121	70	43	88	138	74	42	115	67	76	139
2160p	44	80	51	27	30	39	30	46	33	52	57	44	17	48	72	38	20	59	35	46	82

Geforce GTX 1080 Ti

Takt: 1,65+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 740 €

93,6 % | 92,8 % | 92,8 % | 87,4 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	88	151	106	83	85	66	53	108	74	158	162	83	67	114	192	97	62	153	95	93	185
1440p	69	119	82	52	56	54	44	78	57	98	110	67	39	80	129	68	38	105	63	71	130
2160p	42	75	49	25	28	36	29	43	29	49	52	41	15	44	67	35	19	54	33	43	76

Radeon RX Vega 64 LCE

Takt: 1,53+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Nicht lieferbar

75,2 % | 73,4 % | 74,0 % | 100 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	70	120	108	72	73	52	49	83	64	118	138	62	45	88	129	76	39	126	71	66	192
1440p	55	94	75	46	48	42	37	61	49	74	86	50	29	64	88	54	24	86	46	51	130
2160p	33	60	41	23	25	28	22	33	25	37	40	30	14	36	46	25	12	44	24	31	69

Geforce GTX 1080

Takt: 1,63+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 540 €

71,9 % | 73,7 % | 68,3 % | 70,4 % | 79,0 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	73	113	81	62	68	55	45	86	69	120	138	66	47	88	143	74	46	119	70	71	150
1440p	54	87	61	38	44	44	36	61	46	75	84	50	27	60	95	49	27	78	46	54	103
2160p	31	54	36	18	22	28	22	33	22	36	38	31	11	33	49	25	14	40	24	32	51

Radeon RX Vega 64 Air

Takt: 1,34+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 600 €

70,0 % | 69,5 % | 67,1 % | 67,7 % | 98,7 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	64	108	100	67	65	48	46	78	63	108	129	56	40	80	120	70	36	115	66	61	177
1440p	50	85	70	43	44	40	35	56	45	69	79	44	27	57	81	50	22	78	43	47	113
2160p	28	53	38	21	23	27	20	30	23	34	37	28	13	32	43	24	11	40	22	29	60

Geforce GTX 1070 Ti

Takt: 1,72+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 470 €

67,3 % | 69,0 % | 63,7 % | 66,1 % | 74,6 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	68	109	77	59	63	51	43	82	66	110	128	64	45	82	131	67	43	113	61	66	141
1440p	51	84	58	36	40	40	34	58	44	69	79	49	27	56	86	45	26	76	40	50	96
2160p	28	51	34	17	20	26	20	31	22	33	37	29	11	30	44	22	12	38	21	29	48

Radeon RX Vega 56

Takt: 1,21+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 500 €

62,2 % | 61,7 % | 59,0 % | 59,4 % | 97,0 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	61	92	87	58	60	44	42	71	58	94	110	51	37	70	105	62	30	105	58	54	152
1440p	45	72	60	37	40	35	32	50	39	59	68	39	24	50	72	43	18	69	37	41	101
2160p	27	45	33	18	20	23	18	27	20	29	32	25	12	28	38	21	9	36	19	25	55

Geforce GTX 1070

Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 430 €

59,4 % | 60,7 % | 55,5 % | 57,9 % | 73,8 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	62	95	67	51	55	46	40	72	57	96	114	53	41	71	116	59	37	98	55	56	122
1440p	46	73	50	31	36	37	32	51	37	60	70	42	24	49	77	39	23	65	37	42	82
2160p	26	45	29	15	17	23	19	28	18	29	32	25	10	26	39	19	10	32	19	25	39

Geforce GTX 980 Ti

Takt: 1,04+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 550 €

53,5 % | 54,5 % | 51,1 % | 51,9 % | 63,3 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	56	79	64	47	48	41	34	72	52	88	107	47	39	64	104	54	35	86	54	51	82
1440p	41	62	48	30	31	30	27	52	34	55	65	34	23	45	72	37	21	57	35	39	47
2160p	24	39	27	14	15	20	17	28	17	26	30	21	10	24	37	19	10	28	18	23	31

Radeon R9 Fury X

Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar

50,1 % | 50,1 % | 41,0 % | 49,2 % | 97,4 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	76	74	48	45	30	34	63	50	89	101	43	37	55	95	58	28	78	53	42	52
1440p	33	50	54	32	32	24	27	46	34	57	65	33	20	42	68	43	17	53	35	34	41
2160p	14	35	30	7	9	14	11	26	16	27	32	22	5	16	38	19	4	14	18	22	22

Radeon RX 580/8G

Takt: 1,34/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 280 €

44,3 % | 43,9 % | 40,9 % | 42,2 % | 75,4 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	43	64	57	39	40	33	29	52	43	68	81	37	30	51	80	45	19	72	41	36	111
1440p	32	51	40	25	26	27	22	36	28	42	50	29	19	37	54	31	12	48	26	28	74
2160p	18	32	22	12	13	17	12	19	14	20	23	18	9	20	28	15	6	24	13	17	38

Radeon R9 390X

Takt: 1,05/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar

44,2 % | 42,3 % | 41,5 % | 41,9 % | 85,1 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	36	61	62	39	36	29	29	53	44	66	83	35	29	48	82	42	20	66	43	31	98
1440p	28	49	44	25	26	24	23	38	29	41	51	29	17	35	57	31	13	45	28	25	67
2160p	18	32	24	13	14	16	14	21	14	19	24	18	8	21	31	14	6	24	15	17	31

Geforce GTX 1060/6G

Takt: 1,70+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 270 €

43,0 % | 44,1 % | 39,3 % | 41,8 % | 58,7 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	67	49	36	39	36	32	56	42	69	81	45	29	50	81	42	26	71	40	39	65
1440p	34	49	36	22	25	28	24	40	27	43	49	34	17	35	55	28	16	46	26	29	54
2160p	19	30	20	10	12	17	14	22	13	20	22	19	7	17	28	13	7	22	13	17	27

Geforce GTX 980

Takt: 1,17+/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 430 €

42,8 % | 44,5 % | 38,1 % | 42,3 % | 52,9 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	63	54	39	40	32	30	56	44	72	89	40	31	45	90	44	30	69	44	42	52
1440p	35	54	39	24	26	25	23	40	28	45	54	30	19	31	60	30	18	46	28	32	35
2160p	15	33	23	10	12	15	14	21	14	21	24	18	8	16	30	14	2	18	15	19	20

Radeon R9 390

Takt: 1,0/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar

41,5 % | 39,7 % | 38,8 % | 39,1 % | 83,9 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	34	56	58	36	34	28	28	50	41	62	77	32	28	45	78	41	18	65	40	29	90
1440p	26	45	41	23	24	23	22	36	27	38	48	27	17	33	54	30	12	43	26	23	62
2160p	16	29	22	12	13	16	13	20	13	18	23	16	8	19	29	13	6	23	14	15	30

Radeon R9 290X

Takt: 0,98+/2,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar

38,7 % | 38,1 % | 32,3 % | 37,1 % | 83,3 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	34	58	59	36	34	25	28	50	41	60	77	33	27	46	76	40	19	57	39	29	41
1440p	26	39	42	23	24	20	22	37	27	38	48	26	15	34	53	30	12	36	26	24	32
2160p	14	27	23	6	10	13	13	20	13	13	22	16	5	19	29	13	2	8	13	16	19

Radeon RX 570/4G

Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 240 €

35,6 % | 36,2 % | 29,7 % | 34,3 % | 66,6 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	37	46	47	35	32	25	25	47	39	61	68	34	25	43	72	41	16	57	34	29	52
1440p	27	37	33	20	21	20	19	32	23	38	41	24	15	32	48	28	10	38	22	22	35
2160p	12	25	18	6	9	12	10	16	11	16	19	15	5	13	25	14	3	16	12	14	15

Geforce GTX 970

Takt: 1,14+/3,5 GHz
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5
Preis: Ca. 290 €

34,4 % | 36,7 % | 29,1 % | 33,7 % | 44,8 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	49	38	32	34	28	26	48	37	59	72	32	25	37	75	36	23	55	35	34	51
1440p	31	42	32	14	22	21	20	33	23	36	43	25	13	27	49	24	14	35	22	26	24
2160p	15	26	17	7	10	9	9	14	11	17	19	14	5	14	25	11	2	14	11	15	17

Geforce GTX 780 Ti

Takt: 0,95+/3,5 GHz
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar

34,3 % | 36,2 % | 26,2 % | 34,3 % | 55,2 %

	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	39	57	51	29	31	23	27	46	34	60	72	30	26	42	79	35	25	48	39	32	38
1440p	24	44	37	18	19	19	21	33	23	37	44	23	15	29	53	25	13	34	24	26	26
2160p	10	26	21	4	5	8	6	18	10	11	21	14	4	14	27	13	1	13	7	16	11

Geforce GTX 1050 Ti

Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 170 €

24,9 % | 26,1 % | 21,2 % | 24,1 % | 36,5 %

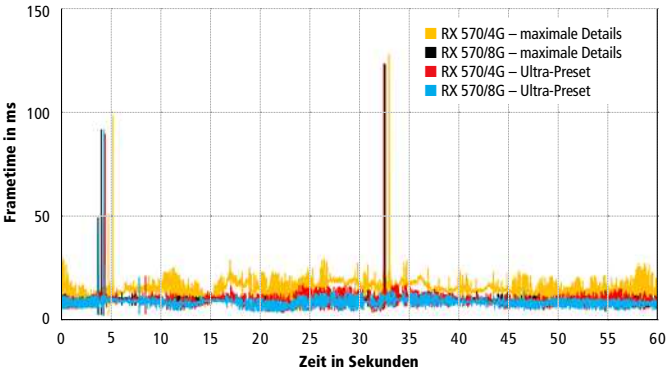
	AC:O	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	31	36	32	21	24	21	22	33	25	40	50	23	16	28	49	23	16	42	24	23	42
1440p	21	29	23	12	15	16	16	23	16	25	30	17	9	19	32	16	10	27	15	17	25
2160p	10	17	13	5	7	10	7	12	7	12	13	10	4	10	16	7	2	10	8	10	15

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (LLC: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (DR, 1T); Windows 10 x64; anisotroper Filter auf Standard („Qualität"); Vsync aus. Klammer: Preisentwicklung ggü. Vormonat **Spiele-/Anwendungsnamen:** ACO: Assassin's Creed Origins, CWW2: Call of Duty WW2, Dirt 4, Elex, GRWL: Ghost Recon Wildlands, GTA5: Grand Theft Auto 5, HELL: Hellblade, KCD: Kingdom Come Deliverance, OW: Overwatch, Prey, PC2: Project Cars 2, QBRK: Quantum Break, ROTTR: Rise of the Tomb Raider, SW2: Shadow Warrior 2, SE4: Sniper Elite 4, SF3: Spellforce 3, SWBF2: Star Wars Battlefront 2, SS4: Sudden Strike 4, TW3: The Witcher 3, W2NC: Wolfenstein 2. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps. **Die Anwendungsleistung fließt zu 1/22 (~4,55 Prozent) nur in den blauen Gesamtindex ein.** *Capture One 11 (MPix/s): TXp (28,8), 1080 Ti (27,6), V64 LCE (31,6), 1080 (24,9), V64 (31,2), 1070 Ti (23,6), V56 (30,6), 1070 (23,3), 980 Ti (20,0), Fury X (30,8), R9 390X (26,9), RX 580 (23,8), 1060 6GB (18,5), GTX 980 (16,7), R9 390 (26,5), R9 290X (26,3), RX 570 (21,0), GTX 970 (14,2), GTX 780 Ti (17,4), GTX 1050 Ti (11,5)

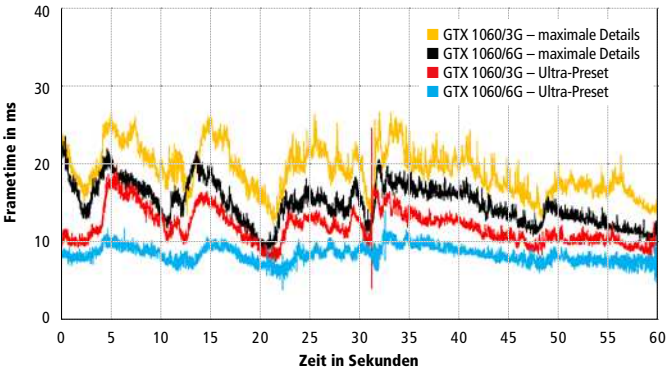
Speicherwahl? Keine Qual, sondern eindeutig.

Die höchsten Detailstufen moderner PC-Spiele benötigen in der Regel überdurchschnittlich viel Grafikspeicher. Wie sehr, ist in unseren Beispiel-Frameverläufen von Wolfenstein 2 ersichtlich: Bereits mit dem Ultra-Preset, das nicht maximalen Details entspricht, erzielen die Geforce GTX 1060/6G und Radeon RX 570/8G fühlbar bessere Bildberechnungszeiten als ihre Geschwister mit halbierter Speicherkapazität. Werden die Details maximiert (so testen wir GPUs für den Leistungsindex), verschlimmern sich die Symptome. Interessant ist, dass die Nachladeruckler bei schnellen Kameraschwenks auf den Radeon-Karten stärker ausfallen, während die durchschnittliche Bildrate deutlich besser ausfällt. Daraus sowie aus weiteren Beobachtungen dieser Art ergeben sich unsere Empfehlungen: Kaufen Sie mindestens eine 6- oder besser eine 8-GiByte-Grafikkarte. Genügt der Speicher nicht, hilft eine Reduktion der Texturdetails bzw. des Streaming-Budgets.

Wolfenstein 2 – Radeon RX 570 – 1.920 × 1.080 – „Manhattan XT"



Wolfenstein 2 – Geforce GTX 1060 – 1.920 × 1.080 – „Manhattan XT"



System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiByte Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64, Geforce 391.35, Radeon Software 18.3.4, Standard-AF

Aufrüsten mit Farbcode

Nachdem die Optionen geklärt sind, übergeben wir an die Messwerte. Auf der rechten Seite sehen Sie die Quintessenz unserer Benchmarks in Form von Aufrüstmatrizen, farblich aufbereitet. Hier erkennen Sie auf einen Blick, welches Angebot am Markt (oben) am besten zu Ihnen passt respektive welche Leistungsgewinne ausgehend von einem älteren Modell (links) möglich sind. Fühlbare Unterschiede stellen sich erfahrungsgemäß ab einer Größenordnung von 30 Prozent ein, mehr ist natürlich besser.

Speicher-Ratgeber

Bei einigen Mittelklasse-Grafikkarten, wie der Geforce GTX 1060 und Radeon RX 570/580, müssen Sie sich zwischen zwei verschiedenen Speicherkapazitäten entscheiden. Dabei gelten sowohl das IT-Sprichwort „Zu viel Speicher gibt es nicht" als auch harte Fakten. Erst in den regulären PCGH-Ausgaben 06/2018 und 07/2018 haben wir uns eingehend mit dem Thema beschäftigt und können klare Empfehlungen aussprechen. Wer eine Mittelklasse-Grafikkarte kauft, sollte sich nach Modellen mit 6 GiByte (GTX 1060) respektive 8 GiByte (RX 570/580) umsehen.

Treuen Lesern kommt das bekannt vor, denn PC Games Hardware rät bereits seit zwei Jahren zu diesen Kapazitäten. Was damals vor allem ein Polster für die Zukunft darstellte und lediglich in Einzelfällen Vorteile brachte, ist in der Gegenwart – wie prophezeit – deutlicher geworden: Einige moderne PC-Spiele laufen mit viel Speicher nicht nur flüssiger, sondern sehen dabei außerdem besser aus. Verantwortlich dafür sind die Streaming-Systeme, welche Grafikdaten häppchenweise anfordern. Passt beispielsweise eine zur Laufzeit angeforderte Textur nicht in den Speicher, wird stattdessen eine niedriger auflösende (= matschigere) Version ebendieser angezeigt. Das hat sichtbare Folgen, mit denen besser bestückte Grafikkarten nicht oder wesentlich seltener kämpfen. Dieses Verhalten sichert spielbare Fps auf speicherarmen Karten, ist jedoch im wahrsten Sinne des Wortes unschön.

Wir raten daher sowohl von der Geforce GTX 1060 3GB als auch von der GTX 1050 ab. Die stets mit 4 GiByte bestückte GTX 1050 Ti ist hingegen im Rahmen ihrer Möglichkeiten ausgewogen. Ab der Leistungsklasse einer Radeon RX 570 sollten Sie das 4-GiByte-Modell zum geringen Aufpreis für eine 8-GiByte-Variante liegenlassen. Spätestens beim Erscheinen der alljährlichen Herbst- und Winter-Blockbuster werden Sie sich dafür selbst auf die Schulter klopfen.

Darüber hinaus ist die Sachlage eindeutig, denn es besteht keine Wahl: Alle High-End-Grafikkarten werden mit 8 GiByte ausgeliefert. Unsere Messreihe hat ergeben, dass diese Kapazität selbst in Ultra HD vollends genügt. Erst Extremtests in den (Downsampling-)Auflösungen 5K und 6K fördern mehr oder minder subtile Unterschiede zwischen 8 GiByte und 11/12 GiByte zutage. Wer eine Geforce GTX 1080 Ti oder Titan X(p) kauft, muss sich auf absehbare Zeit (inklusive 2019) keine Sorgen über einen möglichen Speicherüberlauf machen. Und falls Ausnahmespiele erscheinen, die diese Regel bestätigen, hilft immer der folgende Kniff: Reduzieren Sie Textur- und Schattendetails um eine Stufe, das schaufelt Unmengen an Speicherplatz frei und die Bildrate stimmt wieder. *(rv)*

Gleicher Hersteller, gleicher Chip, grundverschiedene Umsetzung: Die Radeon RX Vega 56 ist vielseitig. Zu sehen sind die Powercolor-Karten Nano-Edition und Red Devil. Erstere soll in kompakten Mini-ITX-Rechnern Spielfreude machen, Letztere in ausgewachsenen Gehäusen. Passend zur Größe unterscheiden sich die Powerlimits und somit auch der Boost stark.

Fazit

Gaming-Grafikkarten

Flüssiger Spielspaß in Full-HD-Auflösung kommt ab circa 250 Euro Investitionssumme auf, hier wartet beispielsweise die Radeon RX 570 auf ein neues Heim. Wer kompromisslos in WQHD spielen möchte, sollte zu einer GTX 1070 (Ti) oder RX Vega 56 greifen und Ultra-HD-Zocker sind mit einer GTX 1080 Ti bestens beraten.

Aufrüstmatrix 1.920 × 1.080: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-20 %	-21 %	-26 %	-26 %	-34 %	-35 %	-53 %	-53 %	-61 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 25 %	± 0 %	-2 %	-8 %	-8 %	-18 %	-19 %	-42 %	-41 %	-52 %
Geforce GTX 1080	+ 27 %	+ 2 %	± 0 %	-6 %	-6 %	-16 %	-18 %	-40 %	-40 %	-51 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 35 %	+ 8 %	+ 6 %	± 0 %	-1 %	-11 %	-13 %	-37 %	-37 %	-48 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 36 %	+ 9 %	+ 7 %	+ 1 %	± 0 %	-11 %	-12 %	-36 %	-36 %	-48 %
Radeon RX Vega 56	+ 52 %	+ 22 %	+ 19 %	+ 13 %	+ 12 %	± 0 %	-2 %	-29 %	-29 %	-41 %
Geforce GTX 1070	+ 54 %	+ 24 %	+ 21 %	+ 15 %	+ 14 %	+ 2 %	± 0 %	-28 %	-27 %	-40 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 72 %	+ 38 %	+ 35 %	+ 28 %	+ 27 %	+ 13 %	+ 11 %	-19 %	-19 %	-33 %
Radeon R9 Fury X	+ 87 %	+ 50 %	+ 47 %	+ 39 %	+ 38 %	+ 23 %	+ 21 %	-12 %	-12 %	-28 %
Geforce GTX 980	+ 110 %	+ 69 %	+ 66 %	+ 56 %	+ 55 %	+ 39 %	+ 36 %	-1 %	-1 %	-19 %
Radeon RX 580/8G	+ 113 %	+ 71 %	+ 68 %	+ 58 %	+ 57 %	+ 41 %	+ 38 %	± 0 %	± 0 %	-17 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 112 %	+ 71 %	+ 67 %	+ 58 %	+ 57 %	+ 40 %	+ 38 %	± 0 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390X	+ 121 %	+ 78 %	+ 74 %	+ 64 %	+ 63 %	+ 46 %	+ 44 %	+ 4 %	+ 4 %	-14 %
Radeon R9 390	+ 136 %	+ 89 %	+ 86 %	+ 75 %	+ 74 %	+ 55 %	+ 53 %	+ 11 %	+ 11 %	-9 %
Radeon R9 290X	+ 146 %	+ 97 %	+ 94 %	+ 82 %	+ 81 %	+ 62 %	+ 59 %	+ 15 %	+ 16 %	-5 %
Geforce GTX 970	+ 155 %	+ 105 %	+ 101 %	+ 89 %	+ 88 %	+ 68 %	+ 65 %	+ 20 %	+ 20 %	-1 %
Radeon RX 570/4G	+ 158 %	+ 108 %	+ 104 %	+ 92 %	+ 91 %	+ 70 %	+ 68 %	+ 21 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 158 %	+ 107 %	+ 103 %	+ 92 %	+ 90 %	+ 70 %	+ 67 %	+ 21 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 258 %	+ 187 %	+ 182 %	+ 166 %	+ 164 %	+ 136 %	+ 132 %	+ 68 %	+ 69 %	+ 38 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Aufrüstmatrix 2.560 × 1.440: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-20 %	-24 %	-27 %	-29 %	-36 %	-38 %	-55 %	-55 %	-63 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 25 %	± 0 %	-5 %	-9 %	-11 %	-20 %	-22 %	-43 %	-44 %	-54 %
Geforce GTX 1080	+ 32 %	+ 5 %	± 0 %	-4 %	-6 %	-16 %	-18 %	-40 %	-41 %	-51 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 37 %	+ 9 %	+ 4 %	± 0 %	-2 %	-12 %	-14 %	-38 %	-38 %	-49 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 40 %	+ 12 %	+ 7 %	+ 2 %	± 0 %	-10 %	-12 %	-36 %	-37 %	-48 %
Radeon RX Vega 56	+ 56 %	+ 25 %	+ 19 %	+ 14 %	+ 11 %	± 0 %	-2 %	-29 %	-30 %	-42 %
Geforce GTX 1070	+ 60 %	+ 28 %	+ 21 %	+ 17 %	+ 14 %	+ 2 %	± 0 %	-27 %	-28 %	-41 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 79 %	+ 42 %	+ 36 %	+ 30 %	+ 27 %	+ 14 %	+ 12 %	-19 %	-20 %	-34 %
Radeon R9 Fury X	+ 89 %	+ 50 %	+ 43 %	+ 37 %	+ 34 %	+ 21 %	+ 18 %	-14 %	-15 %	-30 %
Geforce GTX 980	+ 120 %	+ 75 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 41 %	+ 37 %	± 0 %	-1 %	-19 %
Radeon RX 580/8G	+ 120 %	+ 75 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 40 %	+ 37 %	± 0 %	-1 %	-19 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 122 %	+ 77 %	+ 68 %	+ 62 %	+ 58 %	+ 42 %	+ 38 %	+ 1 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390X	+ 122 %	+ 77 %	+ 69 %	+ 62 %	+ 58 %	+ 42 %	+ 39 %	+ 1 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390	+ 138 %	+ 89 %	+ 80 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 52 %	+ 48 %	+ 8 %	+ 7 %	-12 %
Radeon R9 290X	+ 150 %	+ 99 %	+ 90 %	+ 82 %	+ 78 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 14 %	+ 13 %	-8 %
Geforce GTX 970	+ 171 %	+ 116 %	+ 105 %	+ 97 %	+ 93 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 23 %	+ 22 %	± 0 %
Radeon RX 570/4G	+ 170 %	+ 116 %	+ 105 %	+ 97 %	+ 92 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 23 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 176 %	+ 120 %	+ 109 %	+ 101 %	+ 96 %	+ 76 %	+ 72 %	+ 25 %	+ 24 %	+ 2 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 286 %	+ 207 %	+ 192 %	+ 181 %	+ 175 %	+ 147 %	+ 141 %	+ 75 %	+ 74 %	+ 42 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Aufrüstmatrix 3.840 × 2.160: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-21 %	-26 %	-28 %	-31 %	-36 %	-40 %	-56 %	-58 %	-68 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 26 %	± 0 %	-7 %	-9 %	-13 %	-20 %	-24 %	-44 %	-46 %	-60 %
Geforce GTX 1080	+ 36 %	+ 7 %	± 0 %	-2 %	-7 %	-14 %	-19 %	-40 %	-43 %	-57 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 38 %	+ 9 %	+ 2 %	± 0 %	-5 %	-12 %	-17 %	-39 %	-41 %	-56 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 46 %	+ 15 %	+ 7 %	+ 5 %	± 0 %	-7 %	-13 %	-36 %	-38 %	-53 %
Radeon RX Vega 56	+ 57 %	+ 24 %	+ 16 %	+ 14 %	+ 8 %	± 0 %	-6 %	-31 %	-33 %	-50 %
Geforce GTX 1070	+ 67 %	+ 32 %	+ 23 %	+ 21 %	+ 15 %	+ 6 %	± 0 %	-26 %	-29 %	-46 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 82 %	+ 44 %	+ 34 %	+ 31 %	+ 25 %	+ 15 %	+ 9 %	-20 %	-23 %	-42 %
Radeon R9 Fury X	+ 123 %	+ 77 %	+ 64 %	+ 61 %	+ 53 %	+ 42 %	+ 34 %	-2 %	-5 %	-28 %
Geforce GTX 980	+ 126 %	+ 79 %	+ 67 %	+ 64 %	+ 55 %	+ 44 %	+ 35 %	± 0 %	-4 %	-28 %
Radeon RX 580/8G	+ 127 %	+ 80 %	+ 67 %	+ 64 %	+ 56 %	+ 44 %	+ 36 %	± 0 %	-4 %	-27 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 136 %	+ 87 %	+ 74 %	+ 71 %	+ 62 %	+ 50 %	+ 41 %	+ 4 %	± 0 %	-24 %
Radeon R9 390X	+ 144 %	+ 93 %	+ 79 %	+ 76 %	+ 67 %	+ 55 %	+ 46 %	+ 7 %	+ 3 %	-22 %
Radeon R9 390	+ 139 %	+ 89 %	+ 76 %	+ 73 %	+ 64 %	+ 52 %	+ 43 %	+ 5 %	+ 1 %	-23 %
Radeon R9 290X	+ 187 %	+ 127 %	+ 111 %	+ 108 %	+ 97 %	+ 83 %	+ 72 %	+ 27 %	+ 22 %	-8 %
Geforce GTX 970	+ 212 %	+ 147 %	+ 130 %	+ 126 %	+ 114 %	+ 99 %	+ 87 %	+ 38 %	+ 32 %	± 0 %
Radeon RX 570/4G	+ 219 %	+ 152 %	+ 135 %	+ 131 %	+ 119 %	+ 103 %	+ 91 %	+ 40 %	+ 35 %	+ 2 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 254 %	+ 180 %	+ 160 %	+ 156 %	+ 143 %	+ 125 %	+ 111 %	+ 56 %	+ 50 %	+ 13 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 338 %	+ 246 %	+ 222 %	+ 216 %	+ 200 %	+ 178 %	+ 162 %	+ 93 %	+ 85 %	+ 40 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Zotac GTX 1060 AMP!

Die GTX 1060 mit 6 GiByte Speicher ist unsere Preis-Leistungs-Empfehlung mit Geforce-GPU. Ein leises Modell gibt es beispielsweise von Zotac.

Die Geforce GTX 1060 mit 6 GiByte Speicher führt unsere Preis-Leistungs-Charts mit hauchdünnem Vorsprung an, mehr Fps pro Euro erhalten Sie nirgends. Die gesunkenen Preise trösten etwas über den mangelnden Fortschritt in der Mittelklasse hinweg – tatsächlich regieren seit rund zwei Jahren die gleichen Grafikchips. Nvidias GP106-Prozessor, welcher auf der Geforce GTX 1060 6GB zum Einsatz kommt, punktet mit hoher Effizienz, trotz relativ weniger Rechenwerke kann er sich gegenüber der chipseitig deutlich größeren Konkurrenz aus dem Hause AMD behaupten (siehe rechts). Zotac hat den kleinen Sprinter in eine besonders attraktive Form gegossen: Die Geforce GTX 1060 AMP! Edition ist werkseitig übertaktet, begnügt sich aber mit den von Nvidia empfohlenen 120 Watt Leistungsaufnahme. Die Energieeffizienz der Karte ist somit sehr hoch, obwohl der mittlere GPU-Boost um acht Prozent höher ausfällt. Der Dual-Slot-Kühler bleibt im Leerlauf und bei wenig Last lautlos, beim Spielen dringen höchstens (leise) 1,0 Sone aus dem Rechner.

Asus GTX 1070 Ti Strix Advanced

Was entsteht, wenn ein sparsamer Grafikchip mit einem riesigen Kühler bedeckt wird? Eine sehr leise Oberklasse-Grafikkarte.

Möglicherweise fragen Sie sich, welchen Sinn die Geforce GTX 1070 Ti ergibt, da Nvidias Portfolio mit der GTX 1070 und GTX 1080 gleich zwei attraktive Grafikkarten für anspruchsvolle Spieler bereithält. Die GTX 1070 Ti hatte genau ein Ziel: die Radeon RX Vega 56 zu besiegen. Letztere zog vor einigen Monaten an der GTX 1070 vorbei, sodass die Kalifornier eine Ti-Variante mit zusätzlichen Rechenwerken auflegten. Damit diese nicht teilweise in die Leistungsregionen der GTX 1080 vorstößt, untersagt es Nvidia seinen Partnern bei der GTX 1070 Ti, die Karte werkseitig – sprich, per BIOS – zu übertakten. Dieses Vorgehen ist bisher einzigartig. Doch die Partner, darunter Asus bei der Geforce GTX 1070 Ti Strix Advanced O8G, sind erfinderisch: Die Übertaktung wird in die herstellereigenen Tools als OC-Profil ausgelagert. Mit ebendiesem erreicht die Strix circa fünf Prozent höhere Bildraten als die Referenzkarte von Nvidia bei unveränderter Leistungsaufnahme (rund 170 Watt). Der 2,5-Slot-Kühler hält den Kern bei sehr leisen 0,8 Sone maximaler Lautheit auf 62 °C.

MSI GTX 1080 Ti Gaming X Trio

Sehr hohe Grafikleistung bei angenehmer Lautstärke: MSI realisiert diese Wünsche mithilfe eines mächtigen Kühlers.

Wer die höchstmögliche Leistung sucht, dafür aber keine vierstellige Summe ausgeben möchte, für den führt kein Weg an der Geforce GTX 1080 Ti vorbei. Die Zeiten, in denen für ein hochgezüchtetes Modell mehr als 1.000 Euro fällig wurden, sind vorbei. Falls Sie auf der Suche nach einem möglichst potenten Spielgefährten für butterweiches WQHD oder flüssiges Ultra HD sind, lohnt sich ein Blick auf die MSI Geforce GTX 1080 Ti Gaming X Trio. Dabei handelt es sich um die weiterentwickelte Variante der (bereits starken) Gaming X, welche an die Stelle der mittlerweile ausverkauften Lightning Z tritt. Der drei Slots hohe Kühler wird dreifach axialbelüftet und bedeckt alle Hitzequellen bestmöglich. Das ist auch nötig, denn MSI steigert das Powerlimit der GTX 1080 Ti Gaming X Trio auf 280 Watt – 30 Watt mehr als bei der Referenzkarte – und gestattet dem Grafikchip somit höhere Boosts. Dank rund 1,9 GHz erreicht die Karte bei geringerer Lautheit und Temperatur das Leistungsniveau der 1.300 Euro teuren Titan Xp, benötigt aber viel Platz im Gehäuse.

MSI RX 580 Armor 8G OC

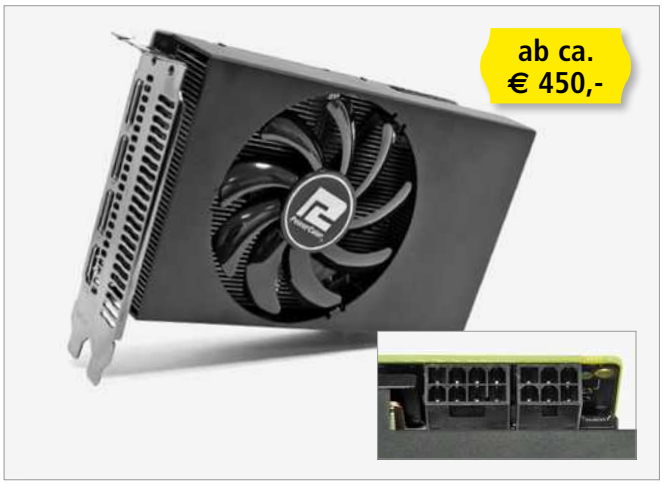
Die RX 580 mit 8 GiByte Speicher ist unsere Preis-Leistungs-Empfehlung mit Radeon-GPU. MSI führt ein attraktives Modell für unter 300 Euro.

Was die Geforce GTX 1060/6G im Nvidia-Lager ist, das ist die Radeon RX 580/8G beim roten Team. Tatsächlich stellt die RX 580 dank ihrer 8 GiByte Speicher auf längere Sicht die bessere Wahl dar, denn folgende PC-Spiele werden auch die Anforderungen an den Grafikspeicher erhöhen. Die MSI Radeon RX 580 Armor 8G OC markiert den Einstiegspunkt für anspruchsvolle Gamer, die nicht auf Details verzichten und dennoch flüssig in Full HD spielen möchten. Der Hersteller verzichtet bei diesem Modell auf eine üppige werkseitige Übertaktung und beschreitet stattdessen den Weg der Effizienz – im Gegensatz zu so mancher hochgezüchteten RX 580, welche ihrem Grafikchip bis zu 190 Watt an Leistungsaufnahme zugesteht, hinterlegt MSI ein Powerlimit von 135 Watt. Das genügt, um den Boost (je nach Spiel) auf 1.320 bis 1.366 MHz (Maximalwert) zu halten. Der Dual-Slot-Kühler bleibt dabei weitgehend unauffällig, wenn auch nicht unhörbar; in der Regel rotieren die beiden 85-mm-Axiallüfter mit 2.000 Umdrehungen pro Minute. Im Leerlauf herrscht Stille („Zero Frozr").

Powercolor RX Vega 56 Nano Edition

Sie suchen hohe Grafikleistung im Kompaktformat? Kein Problem – Powercolor presst eine komplette Vega 56 ins Mini-ITX-Korsett.

Schon Mitte 2017 gab AMD einen Vorgeschmack auf eine mögliche Radeon RX Vega Nano als Nachfolger der 2015 erschienenen R9 Nano. Wenngleich der Name etwas übertreibt, handelt es sich dabei tatsächlich um sehr kleine Grafikkarten – und dennoch rechnet ein High-End-Chip unter der Kühlerhaube. Ein Jahr später ist es so weit, die erste Vega Nano (inoffizieller Kosename: „Vegano") ist im Handel. Damals wie heute ermöglicht der High Bandwidth Memory, kurz HBM, das äußerst platzsparende Design, da er im Gegensatz zu GDDR5(X) direkt neben dem Rechenkern platziert wird. Die Platine der Powercolor Radeon RX Vega 56 Nano Edition ist lediglich 15,2 Zentimeter lang, wobei der Hersteller das bei Mini-ITX verfügbare Platzangebot (17 cm) ausnutzt: Der Kühler überragt die Platine um 1,6 cm zwecks besserer Temperaturen. In den PCGH-Messungen erzielt die Karte eine maximale Leistungsaufnahme von 220 Watt bei 3,1 Sone Lautheit. Mit anderen Worten: Volle Vega-56-Leistung bei reduzierter Geräuschemission.



Asus RX Vega 64 Strix O8G

Vega 64, wie es sein sollte: Asus bändigt den stromdurstigen Vega-Vollausbau mit einem wuchtigen, optimal belüfteten Design.

Wer auf der Suche nach der leistungsstärksten AMD-Grafikkarte ist, der hatte es in den vergangenen Monaten nicht leicht. Auf der einen Seite kämpfte so manche Radeon RX Vega 64 mit einer schlecht eingestellten Lüftersteuerung und somit Krach, auf der anderen Seite waren viele Modelle aufgrund des Mining-Booms entweder teuer oder ganz vergriffen. All das ist vorerst Geschichte. Asus führt mit der Radeon RX Vega 64 Strix O8G eine gelungene Gesamtkomposition, welche dank überarbeiteter Firmware kühl und leise bleibt. Unter dem 2,5-Slot-Kühler arbeitet ein vollbestückter Vega-10-Chip, besser bekannt als RX Vega 64. Bei diesem haben Sie die Wahl, wie viel Energie er aufnehmen darf: Mit dem Standard-BIOS („Performance") stehen GPU und HBM satte 260 Watt zur Verfügung, womit hohe Boosts und bis zu 2,2 Sone Lautheit erreicht werden. Alternativ verwenden Sie das Quiet-BIOS mit 240 W und 1,7 Sone Lautheit. Ein starkes Netzteil ist Pflicht, die Karte benötigt unter Spielevolllast bis zu 318 Watt, kann es dafür aber mit der Geforce GTX 1080 aufnehmen.

Schneller Speicher

Zum Glück sind die Zeiten vorbei, in denen der Preis für Flash-Speicher direkt proportional mit dem Bitcoin zu steigen schien. Der Preis pro Gigabyte sinkt wieder und man darf beherzt zur SSD greifen.

Die schnelle Solid State Disk, kurz SSD, hat längst die Magnetfestplatte als Heim für die Windows-Installation abgelöst. Ihr Geschwindigkeitsvorteil beim Booten oder Programmstart ist deutlich spürbar. Der alte Backstein im 3,5-Zoll-Format dient bestenfalls als „Datengrab" – zum Lagern von vielen nicht geschwindigkeitskritischen Daten. Aber selbst diese Funktion macht die SSD ihm streitig, da Flashspeicher immer günstiger werden. Außerdem wuchs die SSD-Kapazität in Dimensionen, die es erlaubt, umfangreiche Video-Bibliotheken beherbergen zu können. Viele Modelle sind bereits in einer 1-TByte-Version verfügbar – und auch einige SSDs mit Kapazitäten mit zwei oder gar vier Terabyte sind mittlerweile auf dem Markt. Warum die gute alte Magnetplatte noch nicht ein Relikt vergangener Zeiten ist, liegt daran, dass der Preis einer SSD direkt proportional mit der Kapazität steigt – im Gegenteil zur HDD, bei der das Gigabyte pro Euro am günstigsten bei hohen Kapazitäten ist. Auch beim Datenmaximum ist die 3,5-Zoll-Festplatte noch immer vorn: Bei SSDs ist bei 4 TByte Schluss, eine HDD aber fasst bis zu 14 TByte an Daten.

Zum Datengrab verdammt

Die Magnetplatten halten also an ihrer Nische als voluminöser Speicher fest, wo es allein auf die Kapazität ankommt. Deswegen und weil es kaum Neuerscheinungen unter den HDDs gibt, widmen wir ihnen hier nicht mehr eine eigene Kategorie und beschränken uns auf SATA- und PCI-Express-SSDs, wo sich stets einiges tut. Die HDD-Entwicklung liegt zwar nicht brach. Die Leistung und auch die Stromeffizienz verbessert sich jährlich in homöopathischen Schritten. Diese sind jedoch weder spürbar noch für den Privatanwender interessant. Filtern Sie getrost Preisvergleiche nach Preis oder Preis pro Kapazität und wählen Sie ruhig eines der günstigsten Modelle. Oftmals sind externe Festplatten auch günstiger als interne, weil sie in höheren Stückzahlen produziert werden. In vielen Spielerechnern wohnt auch keine Magnetfestplatte mehr, da die externe Anbindung per USB einfach praktischer ist.

Externe SSDs: zu teuer

Genauso wie die (internen) HDDs fristen externe SSDs ein Nischendasein. Auch hier gibt es kaum Neuerscheinungen und nur wenige Modelle, weil der Preis im Vergleich zur externen HDD einfach zu teuer ist. Außerdem kommen externe SSDs nicht über die USB-3.0-Geschwindigkeit hinaus, selbst wenn sie mit schnellerern Schnittstellen USB 3.1 (Gen. 2) oder Thunderbolt 3 angebunden sind. Die einzige Ausnahme ist die ziemlich teure Sandisk Extreme 900, die schon zwei Jahre auf dem Markt ist. Es gibt also nur wenige Anwendungsfälle, in denen sich externe SSDs lohnen. Meist sind es professionelle Bild- oder Videobearbeitung, wo man schnell große Datenmengen hin und her kopieren muss. Privatanwender sind aber fast immer mit anderen Datenträgern besser bedient. Zwischen USB-Sticks und externen HDDs ist die Nische einfach zu dünn. Daher greifen Sie zu diesen beiden! Wer

PCI-Slot-Adapter, passiver Kühlkörper oder einfach nur ein Blech: Es gibt unterschiedliche Kühler für M.2-SSDs. Die Leistung beeinflussen sie jedoch so gut wie gar nicht.

„Onboard-Kühlung": Samsungs NVMe-SSDs verfügen über eine dünne Kupferschicht im Aufkleber. Ihr Nutzen ist aber ziemlich gering.

Was? Ihre SSD hat noch keine RGB-Beleuchtung? Der KryoM.2-Kühler von Aqua computer schafft Abhilfe – wenn auch nur in einer Farbe.

jetzt aufrüsten möchte, steigt nicht unbedingt von der HDD auf die SSD um, eher vom SATA-Modell im 2,5-Zoll-Format auf die schnellere PCIe-SSD mit aktuellem NVME-Protokoll. Fast alle aktuellen Mainboards haben einen M.2-Sockel, der PCI Express 3.0 x4 bietet. Manche haben einen weiteren, der auch SATA-Modelle im M.2-Format unterstützt. Damit die PCIe-SSD nicht im falschen M.2-Slot landet, hilft ein Blick ins Mainboard-Handbuch. Bei manchen Sockeln handelt es sich um Kombibuchsen, die sowohl SATA als auch PCI-Express bieten. Schon technisch bedingt sind die PCIe-Modelle deutlich schneller als die SATA-Pendants. Das macht sich aber nicht immer in der Praxis bemerkbar. Die hohen MB/s-Angaben der sequenziellen Lese- und Schreibwerte sehen im Datenblatt zwar schön aus, sie haben aber kaum Aussagekraft für die Praxisleistung.

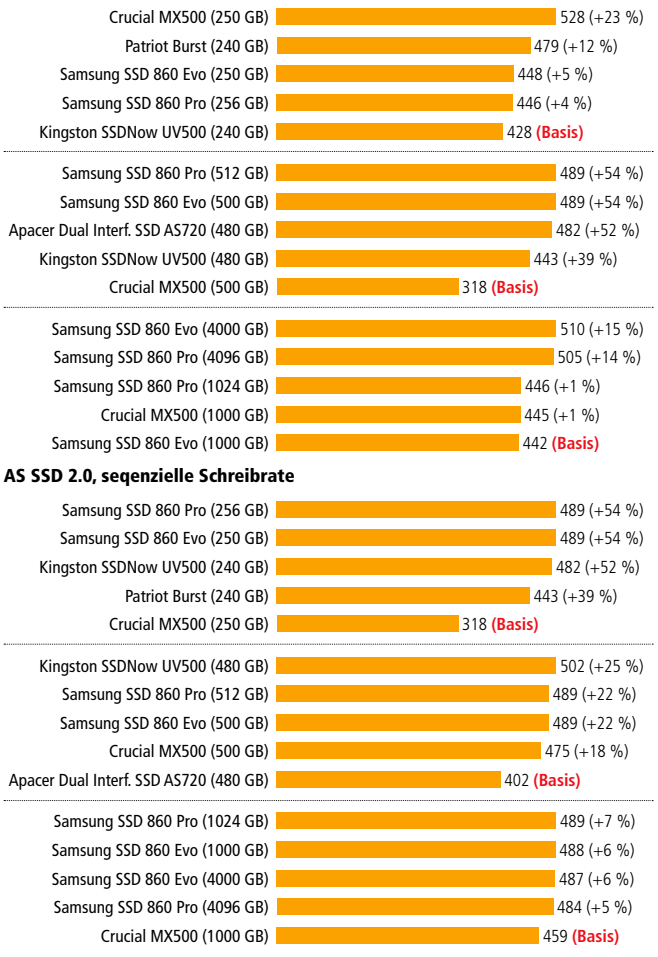
Welchen Sinn ergibt die SSD-Kühlung?

Der Geschwindigkeitsrausch der NVMe-SSDs hat seinen Preis: So manches Modell wird selbst im Leerlauf gerne bis zu 60 Grad warm. Unter konstanter Volllast mit synthetischen Benchmarks – und nur da – steigt die Temperatur rapide an, sodass die Leistung thermisch bedingt gedrosselt wird. Das klingt dramatischer, als es ist. Denn erstens sind bis zum Leistungseinbruch bereits etliche Gigabytes geschrieben oder gelesen und zweitens kommt ein derartiges Datenschaufeln in der Praxis kaum vor. Daher beeinflusst weder eine passive noch eine aktive SSD-Kühlung die Praxisleistung des Speichers. Es gibt andere Gründe dafür – und sei es nur der, daran zu glauben, dass die Lebensdauer mit niedrigeren Temperaturen erhöht wird. Manch einer wird nervös, wenn die wassergekühlte und übertaktete CPU unter Volllast die 30-Grad-Marke übersteigt. PC-Hardware ist also nicht unbedingt immer logisch. Wir haben in Ausgabe 08/2017 drei SSD-Küher getestet: ein einfaches Blech mit Wärmeleitpad, das manchem Mainboard beiliegt, einen passiven M.2-Kühler, der mit Clips am Modul befestigt wird, und einen PCI-Express-Adapter mitsamt „vollverkleideter" Passivkühlung. Die Kosten belaufen sich auf circa 10 bis 25 Euro – je nach Version.

SATA-SSDs: Gut und günstig

Von Preis-Kapriolen abgesehen, tut sich wenig in der Kategorie der SATA-SSDs. Sie haben die Leistungsgrenze in Lese- und Schreibwerten um die 550 MB/s längst erreicht. Weil die höhere Liga der PCI-E-SSD noch vergleichsweise teuer und noch nicht jeder mit entsprechendem M.2-Port gesegnet ist, kommen nur wenig neue Modelle auf den Markt. Bei den SATA-SSDs dominiert Samsung den Markt, hier mit der 860 Evo, die ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet, und mit der 860 Pro, die mit guter Leistung und Haltbarkeit bzw. Garantie die Bestnote unseres Testsystems erobert hat. Dafür kostet sie auch fast das Doppelte eines günstigen Modells. Außerdem hat Samsung leider die Garantiedauer auf die standardmäßigen fünf Jahre gekürzt – beim Vorgänger waren es noch zehn Jahre, die den Preis hauptsächlich rechtfertigten. Die 860 Evo hat zudem direkte Konkurrenz von der Crucial MX500, die nahezu identisch ausgestattet ist und die sich mit dem Marktführer stets um die Preis-Leistungs-Führerschaft streitet – je nach aktuellem Straßenpreis. Der Zuschlag für die PCI-Express-Königsklasse ist zwar etwas geschmolzen, ist aber noch immer ordentlich: Im Preis pro Gigabyte kostet so ein Modell ungefähr noch um die Hälfte mehr. Eine Samsung SSD 970 Evo oder auch Intel 760p schwankt im Preis um die 180 Euro, während eine Samsung SSD 860 Evo oder eine Crucial MX500 um die 110 bis 125 Euro kostet. In den Praxis-Benchmarks haben wir daher die PCI-Express-SSD Samsung 970 Evo als Vergleich mit aufgenommen. Während sie die SATA-Modelle in synthetischen Benchmarks um ein Vielfaches überholt, ist der Unterschied in Ladezeiten von Spielen oder Stapelverarbeitungen von Anwendungen nicht mehr ganz so riesig. Bestenfalls im Kopiertest mit großen Datenmengen ist noch ein deutlicher Unterschied festzustellen. Für die meisten Privatanwender, wozu auch Gamer zählen, haben SATA-SSDs daher aktuell noch immer das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis. Nicht nur die Leistung zählt, manch ein günstiges Modell spart etwa an der Garantiedauer oder am Cache.

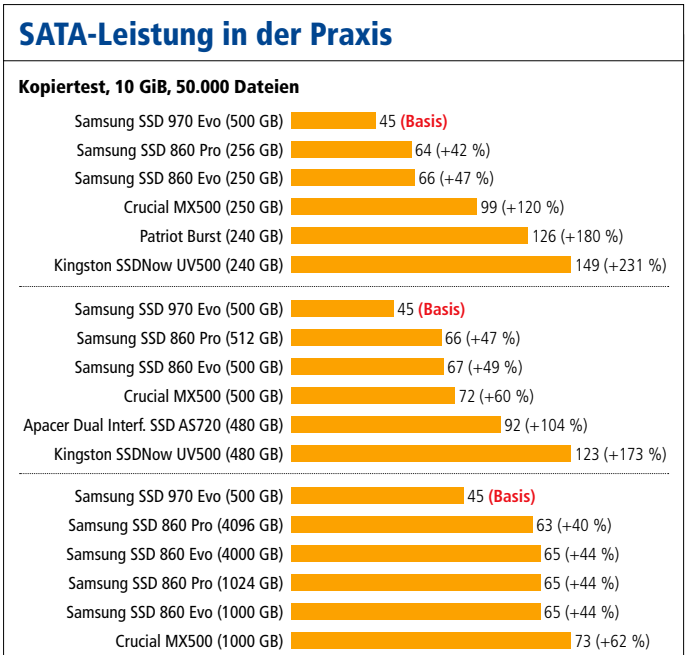
Leistung in der Theorie: AS SSD 2.0



System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte Z97 Gaming G1, Windows 10 x64 1803
Bemerkungen: Samsungs Leistung schrumpft nicht mit abnehmender Kapazität.

MB/s
▶ Besser

SATA-Leistung in der Praxis



System: System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1803 **Bemerkungen:** Wir vergleichen SATA-SSDs mit einer 970 Evo.

Sekunden
◀ Besser

Crucial MX500 (500 GB): So langsam fallen gute 500-GB-Modelle auf 100 Euro.

Samsung SSD 860 Evo (250 GB): Selbst mit geringer Kapazität eine gute Leistung.

NVMe-SSDs: Nonplusultra per PCI-Express 3.0

Dank des Krypto-Minings haben die Preise für Grafikkarten schmerzhaft angezogen und auch Arbeitsspeicher-Riegel sind nach wie vor auf einem hohen Preisniveau, das sogar leicht ansteigt. Zumindest die SSD-Preise geben Grund zur Freude: Der Preisanstieg aufgrund der Flash-Knappheit ist überwunden und die Tendenz geht wieder konstant nach unten. Letztes Jahr um diese Zeit haben die NAND-Flash-Hersteller ihre Produktion vom planaren 2D-NAND auf 3D-NAND umgestellt, der mittlerweile ausschließlich in neuen Modellen vorkommt. Dabei werden die Zellen auf den Chip vertikal gestapelt, weswegen der Marktführer Samsung diese Variante auch V-NAND (Vertical NAND) nennt. Das Prinzip ist jedoch stets gleich, egal ob V- oder 3D-NAND: Mit der Zellenstapelung ist eine höhere Dichte auf dem Chip möglich, die weniger beim 2,5-Zoll-Formfaktor, sondern vielmehr bei den kleinen M.2-Platinen relevant ist. Letztere haben sich bei den hier getesteten PCI-Express-Modellen durchgesetzt. Noch immer erscheinen aber einige Hochleistungsmodelle ausschließlich im Steckkartenformat wie etwa eine Intel Optane 900P oder eine Corsair Neutron NX500, die über einen passiven Kühlkorper verfügen, der aber nur scheinbar Sinn ergibt. Denn die meiste Zeit verbringt die SSD im Ruhezustand, in dem sie ohnehin nicht warm wird.

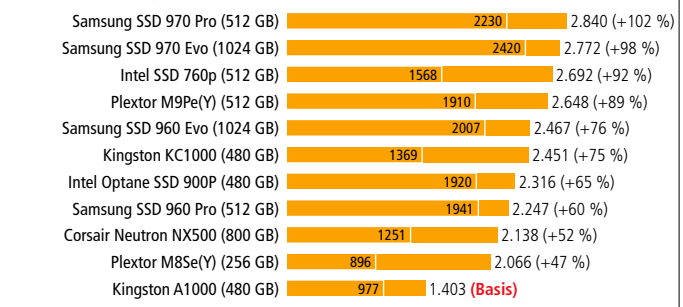
Die wohl interessantesten Neuerscheinungen unter den NVME-SSDs sind die 970er-Modelle von Samsung. Mit der 960 Pro hat der Marktführer vor eineinhalb Jahren die Spitzenposition unter den Consumer-SSDs besetzt und mit der 960 Evo die Preis-Leistungs-Führerschaft für sich beansprucht. Andere Modelle hatten es schwer, sich zwischen den beiden zu positionieren. Doch die Konkurrenz hatte nun Zeit, am Monopol zu rütteln. Der Markt wäre nun also nicht mehr ganz so einfarbig, hätte Samsung nicht Ende April mit den 970ern nachgelegt.

Mit der 600p hatte Intel die untere Grenze der PCI-E-Oberklasse abgesteckt. Sie ist kaum leistungsfähiger als eine SATA-SSD, dafür aber auch kaum teurer. Die 760p, egal ob offizieller Nachfolger oder nicht, liest sich im Datenblatt wie eine Weiterentwicklung der 600p. Im sequenziellen Lesen soll sie stolze 3.230 MB/s schnell sein. Im Gegensatz zur 600p, die gerade mal die Hälfte schafft, konkurriert sie nun mit dem Platzhirsch von Samsung, mit der 960 Evo und sicherlich auch mit der 970 Evo. Wie diese hat die 760p einen günstigeren TLC-Speicher und kommt auf eine solide Leseleistung. Aktuell ist sie bei in etwa ähnlicher Praxisleistung im Preis pro Gigabyte etwas günstiger als die 960 Evo, was sie für den ambitionierten Privatanwender interessant macht.

Hinsichtlich der marketingträchtigen Spitzenwerte beim sequenziellen Lesen und Schreiben kommt Intels 900P nicht an den ehemaligen Spitzenreiter von Samsung, die SSD 960 Pro, heran. Dennoch hat die 900P sie in unserem Test vom Thron gestoßen. Hinter Optane steckt der 3D-Xpoint-Speicher, der den klassischen NAND-Flash ablösen soll. Er läutet zwar keine neue Leistungsklasse ein, soll aber deutlich haltbarer sein und über geringere Latenzen verfügen. Beide Eigenschaften sind eher für den Servermarkt als für den Endverbraucher wichtig, weswegen Intel mit 3D Xpoint zunächst eine Enterprise-SSD und mit Optane Memory nur eine SSD-Cache-Lösung veröffentlichte, die günstige HDD-Systeme beschleunigen soll, also kein echtes Laufwerk ist. Mit der 900P hat Intel nun ein Modell für den Endverbraucher auf den Markt gebracht, das auch die betagte Intel SSD 750 ablöst. Technisch bedingt gibt es bei 3D Xpoint kein Drosseln der Datenraten mehr, das auf den ungekühlten PCI-Express-SSDs mit NAND-Flash im M.2-Format auftreten kann. Der Privatanwender schaufelt aber selten Terabytes hin und her, daher ist das Leistungsplus der PCI-E-Schnittstelle kaum spürbar. Der extrem hohe Preis macht die SSD aber für Privatanwender nahezu uninteressant. Noch immer kostet sie bei gleicher Kapazität das Doppelte einer 960 Pro. Die 900P bleibt also ein Modell für professionelle Anwender.

„Bis zu"-Leistung in der Theorie

AS SSD 1.9 (komprimierte Daten) — Seq. Schreiben/Seq. Lesen

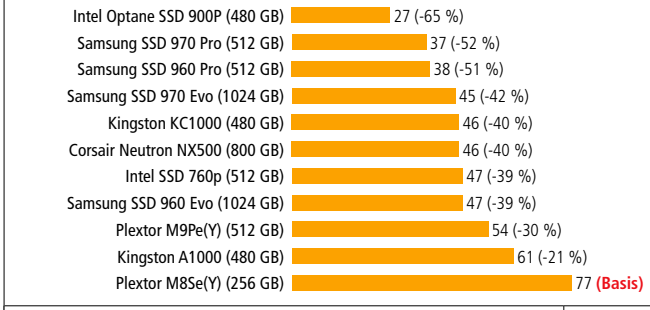


System: Intel Core i7-4790 @ 4 GHz (Stromsparfunktionen aus), 8 GiB DDR3-2133, Asrock Z97 Extreme 6 **Bemerkungen:** Die neuen Samsung mischen wieder ganz oben mit. Die Konkurrenz ist jedoch größer geworden als noch zum Start der 960er-Modelle.

MB/s
▶ Besser

Schreibleistung in der Praxis

50.000 Dateien kopieren (10 GiB)



System: Intel Core i7-4790 @ 4 GHz (Stromsparfunktionen aus), 8 GiB DDR3-2133, Asrock Z97 Extreme 6 **Bemerkungen:** Während der NVMe-Unterschied im Alltag kaum spürbar ist, kommt er beim Kopieren großer Datenmengen zur Geltung.

Sekunden
◀ Besser

Intel SSD 760p: Streitet sich mit der Samsung 970 Evo um den Preis-Leistungs-Sieg.

Samsung SSD 970 Evo: Hat zur Pro-Version einen großen Leistungssprung hingelegt.

Kühlung für Prozessoren

Wenn viel Rechenleistung gefordert wird, wandeln auch moderne, effiziente CPUs eine erstaunliche Menge Elektrizität in Wärme um. Für deren Abtransport braucht es einen CPU-Kühler.

Am Anfang dieses Sonderheftes haben wir ausführlich die Leistungsfähigkeit moderner Prozessoren beschrieben. Um diese in der Praxis auch nutzen zu können, muss aber eine Voraussetzung gegeben sein: Der Prozessor darf nicht überhitzen. Sonst werden die höchsten Turbo-Taktstufen schlicht nicht genutzt und bei Temperaturen von um die 100 °C senken CPUs ihre Arbeitsfrequenz sogar unter den Basistakt, um Schäden vorzubeugen.

CPU-Kühler sorgen dafür, dass es gar nicht erst so weit kommt und der Prozessor bei Arbeitslaune bleibt – im Gegenzug reduzieren einige Lüfter aber die Laune des Anwenders. Ein guter Kühler dagegen führt Wärme effizient, das heißt bei geringer Lautheit, ab.

Masse ist Klasse

Ein besonders starker Lüfter ist daher ein zwar einfacher Weg zum leistungsfähigen Kühler, aber für die meisten Anwendungsgebiete der falsche. Besser ist eine Kombination aus leisem Ventilator sowie einem großen und/oder geschickt designten Kühlkörper, der auch mit einem geringen Luftstrom eine angemessene Kühlleistung liefert. Denn trotz stetiger Fortschritte im Lüfterbau gilt weiterhin: Viel bewegte Luft macht viel Geräusche.

Umgekehrt ist aber auch die maximale Größe von Kühlern beschränkt – weil die Hardware in ein besonders flaches Gehäuse passen soll, weil der Abstand zwischen CPU-Sockel und Grafikkarte zu klein ist oder schlicht weil Computer eben nicht unendlich groß werden können. Eine zweifelhafte Ausrede ist dagegen ein zu kleines Budget: Bereits für 25 Euro kann man erstaunlich viel Kühlleistung bekommen und diese wahlweise in niedrige Lüfterdrehzahlen, also weniger Lärm oder in niedrigere Temperaturen, sprich mehr Übertaktungsspielraum, investieren. Verglichen mit den Gesamtkosten eines Gaming-PCs lohnt sich das fast immer – billige Boxed-Kühler empfehlen wir nur für sehr günstige und für reine Office-PCs, auch wenn inbesondere AMD in den letzten Jahren einige Verbesserungen an den Werkslösungen vorgenommen hat. „Office“ ist in diesem Zusammenhang übrigens kein Pauschal-Gegensatz zu „Gaming“, sondern ausschließlich auf Bürotätigkeiten mit geringen Anforderungen an die Rechenleistung bezogen. Die CPU-Belastung beispielsweise bei Video-Schnitt rechtfertigt dagegen auch für Nicht-Spiele-PCs eine gute Prozessorkühlung; vielleicht sogar eine besonders gute, denn zumindest Headset-Nutzer lassen sich auch von Lautheiten deutlich über einem Sone beim Zocken kaum stören. Ganz anders sieht dies bei Tätigkeiten ohne Sound-Ausgabe aus, bei denen der Rechner am besten gar nicht zu hören sein soll.

Leise oder leise?

Letzteres ist übrigens eine subjektive Einschätzung, die vom jeweiligen Gehör abhängt – seien Sie also skeptisch, wenn Ihnen eine Kühllösung als „unhörbar“ angepriesen wird. Das ist zwar technisch möglich, kostet je nach PC und Ohr aber schnell mehrere 100 bis über 1.000 Euro für Spezialumbauten. *(tv)*

Be quiet Dark Rock Pro 4

Wo Lüfter vom namenhaften Silent-Spezialisten auf große Kühlkörper treffen, darf man Großes erwarten. Der Dark Rock Pro 4 liefert.

Be-quiet-Kühler sind selten die günstigsten ihres Segmentes, aber oft die haptisch hochwertigsten. Der schwarz beschichtete Dark Rock Pro 4 ist hier keine Ausnahme, auch wenn man mit der Lackierung vorsichtig umgehen sollte. Das eigentliche Highlight der Be-quiet-Kühler und Spezialgebiet der Marke sind aber die Lüfter. Zwar verfügt der 120-mm-Ventilator am Dark Rock Pro 4 nicht über den aufwendig entkoppelten Rahmen der einzeln verkauften (und weiter hinten in diesem Heft empfohlenen) Silent Wings 3 und das mittige Exemplar ist mit 135 mm Durchmesser, 22 m Dicke und abweichendem Antrieb sogar eine Spezialkonstruktion. Beide bieten aber Be Quiets bewährte Aerodynamik. Dem Dark Rock Pro 4 verhilft sie zu einem hervorragenden Wert in unserer 1.0-Sone-Messung (49,8 °C) – und das ist nicht einmal der Sweetspot des relativ leise abgestimmten Riesen-Kühlers (maximal 1,4 Sone, ergeben 48,5 °C). Der fällt mit seinem geringen Leistungsverlust selbst bei deutlicher Drosselung der Lüfterdrehzahl positiv auf, kann sein Potenzial also auch in Silent-Systemen umsetzen – jedenfalls in großen. Die gegenüber dem Vorgänger deutlich vereinfachte Montage endet nämlich mit dem seitlichen Einschieben des 135-mm-Lüfters.

Thermaltake Frio Extreme Silent 14 Dual

Einer der besten Doppelturmkühler am Markt ist zugleich ein der unbekanntesten – und mittlerweile ein vergleichsweise günstiger Geheimtipp.

Es ist leicht, im Schatten von Kühler-Flaggschiffen wie Be Quiets Dark Rock Pro oder Noctuas Dauerbrenner NH-D15 unterzugehen. Die Silent-14-Dual-Ausführung der Thermaltake-Frio-Baureihe hingegen ist groß genug, um nirgendwo übersehen zu werden – und doch muss sie mittlerweile zum Sparpreis angeboten werden. Neukäufern kann dies nur recht sein, denn abgesehen von der altersbedingt fehlenden Halterung für AMD-AM4-Mainboards hat der Kühler keine Nachteile gegenüber seinen Konkurrenten. Im Gegenteil: Mit 49,2 °C hält er weiterhin den Luftkühler-Rekord in unserer 1,0-Sone-Messung und auch voll aufgedreht bei vergleichbaren 1,4 Sone unterbietet er mit 48,2 °C knapp den Dark Rock Pro 4. Erst unterhalb von 0,6 Sone verliert die Konstruktion mit ihren eng stehenden Lamellen ungewöhnlich stark an Leistung, was aber gerade Besitzer hitzköpfiger Prozessoren wenig stören dürfte – „extra leise" muss ein CPU-Kühler vor allem bei fehlender CPU-Belastung arbeiten und da sind 2 Kelvin höhere Temperaturen leicht zu verschmerzen. Geschmackssache ist hingegen die einfache Optik des Frio Extreme Silent 14 Dual, der ohne Lackierung, aber auch mit einem Preisschild unter 70 Euro daherkommt.

Thermalright Le Grand Macho RT

Auch mit je einem Lüfter und Lamellenturm lässt sich High-End-Kühlleistung erreichen – wenn Letzterer so groß ist, wie beim Grand Macho.

Eine große Lamellenfläche muss nicht zwingend in zwei eng geschichteten Türmen angeordnet werden. Thermalright skaliert stattdessen das Single-Tower-Konzept des originalen Machos 1:1 nach oben – bis ziemlich exakt Höhe, Tiefe und Gewicht des Dark Rock Pro 4 erreicht sind. Der Le Grand Macho RT ist sogar 14 mm breiter – und glücklicherweise leicht asymmetrisch, sodass 5 mm mehr Abstand zur Grafikkarte bleiben, als die nackten Zahlen erwarten lassen. Ebenfalls viel Abstand gibt es zwischen den einzelnen Lamellen, womit auch die Ausrichtung des Designs klar wird: Thermalright verzichtet auf einige Lamellen-Lagen um im Gegenzug den Luftwiderstand des Kühlkörpers gering zu halten. Bei starken Lüfterdrehzahlen kostet dies Leistungspotenzial, aber im Gegenzug erzielen auch schwache Lüfter auf dem Le Grand Macho einen ausreichend starken Luftstrom – und „ausreichend" entspricht in dieser Größenklasse immer noch einer 1,0-Sone-Temperatur (und Maximalleistung) von 50,1 °C. Auf 75 Prozent gedrosselt, liegen zwischen Le Grand Macho und Dark Rock Pro 4 nur noch 0,8 Kelvin – mit 0,4 zu 0,2 Sone ist Ersterer aber gerade einmal halb so laut und noch weiter unten, im Ultra-Silent-Bereich, quasi konkurrenzlos.

EKL Alpenföhn Brocken 3

Ein hübsches Topcover, ein guter 140-mm-Lüfter, ein tiefer Kühlkörper – und ein akzeptables Preisschild: Fertig ist unsere Allround-Empfehlung.

Unsere ersten drei Empfehlungen sind nicht nur voluminös, schwer und teuer, sondern für Mainstream-Prozessoren auch überdimensioniert. Ein Luftkühler kann nie unter Raumtemperatur kühlen, sondern sich dieser nur annähern – und wenn die Kombination aus High-End-Kühler und normal stark heizender CPU schon kalt bleibt, dann holt ein Monsterkühler entsprechend nur noch wenige Kelvin heraus. EKLs Brocken 3 beispielsweise ist ähnlich wie Thermalrights Grand Macho abgestimmt, aber zwei Zentimeter kürzer, ein halbes Pfund leichter und vor allem 15 Euro billiger. Selbst auf unserer 150-Watt-Test-CPU erzielt er aber immer noch 52,5 °C bei 1,0 Sone – bei 95-Watt-Sockel-AM4- und -1151-Prozessoren wäre der Rückstand noch kleiner, auch wenn die Absoluttemperatur je nach CPU-Modell und aus Ausleseverfahren gegebenenfalls allgemein anders ausfällt. Drosselt man den Brocken 3 stärker (eine dank des leisen Lagers bis in den Ultra-Silent-Bereich attraktive Möglichkeit), verliert er dank seines Macho-ähnlichen Aufbaus ebenfalls nur wenig Kühlleistung und verringert somit den Abstand zu hochleistungsoptimierten Kühlern. Bei der Montage hat EKL sogar weiterhin die Nase knapp vor Thermalright, Thermaltake und Be Quiet.

EKL Alpenföhn Matterhorn Pure

Hohe Kühlleistung erfordert nicht zwingend einen 140-mm-Lüfter, EKLs 120-mm-Budget-Modell schlägt stellenweise sogar den Brocken 3.

Was nimmt man, wenn das Budget oder der Platz für die zuvor empfohlenen Dual-Tower- und Silent-Monster nicht reicht und der Rechner nur unauffällig sein muss, aber nicht unhörbar? EKLs Matterhorn ist schon einige Jahre auf dem Markt, was man nicht nur am ansprechenden Preis und der lediglich auf Nachfrage erhältlichen AM4-Halterung merkt, sondern auch am heute in der 120-mm-Klasse kaum noch zu findenden Oberklasse-Aufbau mit sechs Heatpipes und dicker Bodenplatte sowie dem ungewöhnlich dichten Lamellenpaket. Optisch wirkt die abgespeckte Pure-Variante zwar eher billig, aber die gute Wärmeableitung und großflächige -abgabe fällt sofort positiv auf: Bei 1,0 Sone schlägt der Matterhorn Pure sogar den Brocken 3 deutlich und liegt in Schlagdistanz zum größeren Le Grand Macho RT. Die bei 1,6 Sone erzielte Maximalleistung übersteigt die der Silent-Spezialisten sogar. Dafür verliert der Matterhorn Pure überproportional stark, wenn man den Lüfter stark drosselt – wie schon beim Frio Silent Dual gilt: Wer die Leistung braucht, wird sich daran kaum stören. Aber möglicherweise am streng symmetrischen Aufbau, denn im Gegensatz zu neueren Kühlerdesigns überragt der Matterhorn Pure auf vielen Mainboards den ersten RAM-Slot.

Arctic Freezer 33

Sparen, wo es nur geht – aber nicht da, wo es nicht geht: Arctics Freezer 33 gelingt die Balance zwischen „günstig“ und „billig“.

Muss ein Kühler mehr können, als leise arbeitend akzeptable Temperaturen zu erreichen? Arctic sagt Nein und liefert beim Freezer 33 ein Musterbeispiel durchdachten Minimalismus. Der umfasst sogar die kompakte, auf Maß geschneiderte Verpackung, die aus sehr wenig Teilen bestehende und nur die wichtigsten Sockel unterstützende Halterung und die (leider) nur online verfügbare Anleitung. Hübsche Lackierungen, edle Top-Cover oder irgendeine Form von Zubehör abseits eines Tütchens Wärmeleitpaste sucht man hier sowieso vergebens, angemesse Leistung aber nicht: Die 1,0-Sone-Messung entfällt wegen maximal 0,9 Sone Lautheit – da reicht es aber immer noch für 53,5 °C. Nach unten hin wird der Rückstand auf die Spitze größer. Bei 50 Prozent der Maximaldrehzahl und ähnlicher Lautheit liegt der Freezer 33 bereits 6 Kelvin hinter dem Brocken 3, mit 67,1 °C aber noch im akzeptablen Bereich. 130-W-High-End- und übertaktete Mittelklasse-Prozessoren lassen sich ausreichend kühlen. Die Lüftersteuerung muss man aber selbst feintunen, denn zwischen 50, 38 und 35 Prozent PWM ändert sich die Lüfterdrehzahl extrem schnell (1.000 U/min auf 500 U/min auf 0 U/min) – damit rechnet kein Mainboard.

EKL Alpenföhn Atlas

Doppelturmkühler passen nur in große Gehäuse? Von wegen: EKLs Atlas nutzt das High-End-Konzept erfolgreich für Mini-PCs.

Ein Dual-Tower-Kühler mit edel dunkel vernickelter Optik, aufwendig geformten Lamellen, zwei Lüftern von angemessener Qualität und standesgemäßem Zubehör in einer Premium-Verpackung – und den soll es für 40 Euro geben? Wer EKLs Atlas nur von Bildern kennt, der schüttelt erst mal den Kopf, denn diese zeigen ein stark an das hauseigene Flaggschiff Olymp erinnerndes Produkt. Tatsächlich wurden beide Kühler nach den gleichen Gesichtspunkten designt, aber wo der Olymp ein Dual-140-mm-High-End-Kühler sein will, ist der Atlas ein Zwerg in der 92-mm-Klasse. Sein Lamellenkörper misst gerade einmal 108 mm in der Breite und ist zusätzlich noch 8 mm in Richtung der Mainboard-Oberkante verschoben und bei 124 mm Gesamthöhe passt er in jedes Gehäuse, das eine aufrecht stehende Grafikkarte aufnehmen kann. Die Kühlleistung fällt bei einem derartigen Miniatur-Monster natürlich auch kleiner aus. 60 °C bei maximal 1,0 Sone sind ein deutlicher Rückstand gegenüber billigeren 120-mm-Towern, reichen aber immer noch bequem für Oberklasse-Prozessoren aus. Selbst Übertaktung ist eingeschränkt möglich, und das alles im Mini-PC-kompatiblen Format. Der leichte Preisaufschlag geht für die erfolgreiche Miniaturisierung durchaus in Ordnung.

Cryorig C1

In extra flache PCs passen keine Turmkühler. Top-Down-Modelle sind eine Alternative, aber nur wenige bieten eine gute Kühlleistung.

Nahezu alle Retail-Kühler nutzen heute das Tower-Format: Ihre Lamellen sind nicht direkt mit der Bodenplatte verbunden, sondern parallel zum Mainboard darüber gestapelt; Heaptipes leiten die Wärme von der CPU entsprechend weiter. Neben einer besseren Ausnutzung des Freiraums oberhalb der CPU kann bei dieser Bauweise die erwärmte Luft auf der Kühler-Rückseite frei entweichen und von Gehäuselüftern direkt abgesaugt werden. Top-Down-Kühler wie Cryorigs C1 blasen die Luft dagegen in Richtung des Mainboards und brauchen nicht nur mehr Lüfterleistung für den gleichen Durchsatz, sondern laufen auch Gefahr, ihre eigene Warmluft erneut anzusaugen. Entsprechend aufwendiger und teuerer wird diese Bauweise bei gleicher Performance – und sehr hohe Kühlleistungen sind nur mit starken, lauten Lüftern möglich. Der C1 für 60 Euro erzielt bei 1,0 Sone beispielsweise 61,6 °C, für seine Maximalleistung von 57,3 °C lärmt er schon mit 3,0 Sone. Gedrosselt auf 0,2 Sone bleiben mit 70,4 °C dagegen deutlich weniger Reserven – z. B. für Übertaktung oder Umgebungstemperaturen über unserer 20-°C-Normierung. Dafür ist der C1 aber auch 74 mm flach (zzgl. 1,5–3,0 cm zum Luft ansaugen), wogegen selbst ein Atlas riesig wirkt.

Kompaktwasserkühlungen

Eine Sonderstellung unter den CPU-Kühlern nehmen Wasserkühlungen ein, die es sowohl klassisch-modular als auch in der Form von kompakten „All in Ones“ gibt. Die eigene Zusammenstellung einer großen, modularen Wasserkühlung würde den Rahmen dieses Sonderheftes sprengen, bastelfreudige Enthusiasten seien auf unser digitales Sonderheft „Wasserkühlung 2016“ verwiesen, dessen Inhalt dank der langsamen Entwicklung in diesem Segment weiterhin aktuell sind.

Kompaktwasserkühlungen sind dagegen einfach in der Anwendung und vor allem für Käufer heißer Enthusiast-CPUs interessant. Die Auslieferung dieser Kühllösungen erfolgt vormontiert und -gefüllt, eigene Arbeiten am Wasserkreislauf sind nicht nötig und bei den meisten Produkten auch langfristig gar nicht vorgesehen – nur wenige Produkte ermöglichen es, nach ein paar Jahren verdunstetes Wasser nachzufüllen. Allen Herstellern gemein ist dagegen der Grundgedanke: Anstatt die Kühlplatte über der CPU und die Lamellen hinter den Lüftern mit starren Heatpipes zu verbinden, nutzt man einen Wasserkreislauf mit Schläuchen und einer meist in die CPU-Einheit integrierten Pumpe. So können die Lamellen in Form des Radiators beliebig platziert werden und deutlich größer ausfallen – Wasserkühlungen kühlen besser, weil und nur wenn sie über einen großen Radiotor verfügen. Zusätzlich können sie je nach Montage ihre Abwärme direkt nach draußen schaffen oder kalte Außenluft ansaugen. Nachteilig ist hingegen die Pumpe als zusätzliche, meist nicht entkoppelte Vibrations- und Geräuschquelle.

Alphacool Eisbaer 240

Kompaktwasserkühlungen sind nicht erweiterbar und haben laute Pumpen? Alphacool möchte diese Nachteile aus der Welt schaffen.

Oben schreiben wir, Kompaktwasserkühlungskreisläufe wären eine geschlossen Einheit – aber natürlich gibt es Ausnahmen. Alphacools Eisbaer nutzt genormte G1/4-Zoll-Anschlüsse und 11/8-mm-Schläuche aus dem Sortiment für modulare Wasserkühlungen und ist somit vollkompatibel zu diesen. Noch bequemer ist eine Schnelltrennkupplung, an der sich der Kreislauf ohne Ablassen und anschließendes Nachfüllen Wasser öffnen und wieder schließen lässt. Als Zubehör bietet Alphacool vorgefüllte Radiatoren und GPU-Kühler mit passenden Gegenstücken an, sodass auch Anfänger einen komplexen Kreislauf aufbauen können. Zweites Highlight ist die integrierte, laufruhige Pumpe. Gedrosselt auf 7 V (0,6 K höhere Temperaturen) unterschreitet sie als einzige bislang gemessene Pumpe die 0,1-Sone-Grenze auch im montierten Zustand, wenn sich die Vibrationen unvermeidbar auf das Mainboard übertragen (12 V: 0,4 Sone). Die lauten (maximal 3,9 Sone, ergeben 49,4 °C), mit hörbarem Lager versehenen und mäßig effizienten Serienlüfter (50,7 °C bei 1,0 Sone) sollte man aber austauschen.

Arctic Liquid Freezer 240

Viel Leistung zum relativ kleinen Preis: Arctic macht ein Angebot, das man nicht ablehnen kann – außer der Platz reicht einfach nicht.

47,4 °C bei 1,0 Sone kann kein High-End-Luftkühler erreichen, auch wenn man mehr investiert, als für die mit je zwei 120-mm-Lüftern auf Vorder- und Rückseite bestückte Version der Arctic Liquid Freezer verlangt wird. Dass der Temperaturvorsprung auf unserer 150-W-Test-CPU „nur“ zwei bis drei Kelvin beträgt, sollte ambitionierte Übertakter dabei nicht irritieren. An der Grenze des Machbaren ist das ein ordentlicher Vorsprung, und wer Sockel-2066-CPUs auf 400 W prügelt, der wird ihn auch spüren. Aber bitte nicht falsch verstehen: Trotz hoher Leistung ist die Liquid Freezer für eine Kompaktwasserkühlung leise abgestimmt (maximal 2,5 Sone, ergibt 45,3 °C), auch wenn die Pumpe mit 0,2 Sone Grundlautheit (montiert mit Mainboard-Resonanzen auch deutlich mehr) einen Silent-Einsatz verhindert und die Arctic-F12-Lüfter nicht mit jeder PWM-Steuerung harmonieren (siehe Lüfter-Empfehlungen). Ein potenzielles Ausschlusskriterium ist dagegen der Platzverbrauch des Lüfter-Radiator-Lüfter-Sandwiches: Mit 88 mm Dicke passt die Liquid Freezer 240 nur in geräumige Gehäuse.

Cooler Master Master Liquid 240

Kühl, ansehnlich und günstig – Cooler Masters Master Liquid ragt nicht hervor, macht aber vieles ein bisschen besser.

Kompaktwasserkühlungen sind meist zu laut abgestimmt – und mit maximal 3,9 Sone (ergeben 45,2 °C) ist die Master Liquid 240 keine Ausnahme. Oft sind die Lüfter umgekehrt schlecht für niedrige Drehzahlen geeignet und mit minimal 700 U/min folgen die Master-Fan-Pro-ähnlichen Ventilatoren dieser Regel. Selbst das PWM-Pfeifen bei Drehzahländerungen hören wir an unserer Zalman ZM-FC3 regelmäßig (was zugegebenermaßen dieser Lüftersteuerung geschuldet ist) und auch die Cooler-Master-Pumpe ist kompaktwasserkühlungstypisch hörbar. Warum wir die Master Liquid 240 dennoch empfehlen? Mit freistehend 0,1 Sone (auf Mainboards mehr) ist die Pumpe dennoch objektiv leise und das helle Surren dringt aus einem gedämmten Gehäuse kaum nach draußen. Die PWM-Geräusche verschwinden, sobald die Zieldrehzahl erreicht (oder eine andere Lüftersteuerung genutzt) wird, die Lüfter sind schon bei 1.000 U/min mit 0,4 Sone relativ leise und 49,1 °C bei 1,0 Sone schafft auch keine andere 53 mm schlanke Kompaktwasserkühlung – schon gar nicht für unter 80 Euro.

Der richtige Lüfter

Der PC ist bezahlbar, leistungsfähig und funktioniert nach dem Zusammenbau auch? Damit das dauerhaft so bleibt, muss er noch angemessen gekühlt werden. Aber bitte nicht zu laut!

Die Grafikkarte bringt ihren Kühler schon mit, der Prozessor mit etwas Glück auch. Damit ist die Kühlung des Systems aber noch nicht vollständig, geschweige denn perfekt. Die meisten Kühllösungen übergeben die Abwärme von GPU und CPU nämlich nur an das Gehäuseinnere, welches sich ohne weitere Maßnahmen bedenklich aufheizen würde.

Einen direkten Wärmetransport aus dem PC heraus gewährleisten nur einige wenige (meist schlecht gekühlte) Grafikkarten sowie Kompaktwasserkühlungen in bestimmten Montagepositionen, wobei insbesondere Letztere in ihrer Serienkonfiguration meist viel zu laut sind. Unabhängig von der gewählten Kühllösung braucht es also fast immer zusätzliche Lüfter – als Gehäuselüfter oder zur Nachrüstung von Kühler und Radiatoren. Je nach gewähltem Gehäuse bekommt man 0 bis 3 weitere Lüfter schon mitgeliefert, auch hier ist die Qualität aber nur in wenigen Fällen empfehlenswert, sodass sich die Investition in Retail-Modelle beinahe immer lohnt.

Besser gleich richtig

Auch innerhalb einer Größenklasse hat man die Wahl zwischen Lüftern von 3 bis 30 Euro, größere Formate kosten bei gleicher Qualität gerne noch mal ein paar Euro extra. Auch wenn das nach viel Geld für „nur einen Lüfter“ klingt, sollte man hier nicht am falschen Ende sparen. Minderwertige Lüfter können den gesamten PC bei sonst gleichen Eigenschaften 20 bis 50 Prozent lauter machen und verglichen mit den Ausgaben für einen guten CPU-Kühler oder gar eine leise gekühlte Grafikkarte gibt es bei Lüftern nur wenig Sparpotenzial.

Dem Bedarf angemessen

Noch wichtiger ist aber die optimale Abstimmung auf die eigenen Bedürfnisse. Kleine Fortschritte bei Aerodynamik und Antrieben steigern die Effizienz (Kühlleistung pro Lautheit) zwar nach und nach, im Wesentlichen bleibt die Lüfterabstimmung aber immer ein Kompromiss: Bewegte Luft macht Geräusche, viel bewegte Luft macht Lärm. Ein starker Lüfter kann nie leise sein, und auch wenn moderne (Onboard-)Lüftersteuerungen nachträgliche Korrekturen ermöglichen, sollte man übermäßig schnell drehende Lüfter meiden. Auf hohe Drehzahlen optimierte Lüfterblätter, Lager und Antriebe zeichnen sich nämlich gedrosselt meist durch unterdurchschnittliche Effizienz und diverse Nebengeräusche aus – Probleme, die gleich teure Silent-Designs gezielt vermeiden.

Trivial ist dagegen die Wahl der richtigen Lüftergröße. 120- und 140-mm-Modelle sind mit Abstand am weitesten verbreitet. Auch bei der Rahmenstärke weichen nur einige wenige Modelle von den üblichen 25 mm ab. *(tv)*

Noctua NF-F12 PWM (120 mm)

Der empfehlenswerteste und bestausgestattete (u.a. Verlängerung, Drehzahladapter und Entkoppler), leider aber auch teuerste 120-mm-Lüfter in der PCGH-Bestenliste ist Noctuas NF-F12 PWM. Alleinstellungsmerkmal sind dabei weniger die hohe Maximalleistung (10,2 K bei 1,9 Sone) oder die konkurrenzfähigen Temperaturen bei reduzierter Lautheit (13,4 K bei 0,4 Sone). Der NF-F12 beeindruckt vor allem mit dem extrem weiten PWM-Regelbereich (130 bis 1.460 U/min), der den flexiblen Einsatz in allen Leistungsbereichen ermöglicht. Die Konkurrenz von Be Quiet und Noiseblocker ist innerhalb ihres Drehzahlspektrums zwar jeweils effizienter, erreicht aber weder die Maximalleistung des NF-F12 PWM, noch dessen minimale Lautheit. Als einziger Marke gelingt Noctua nämlich der Bau eines Lüfterantriebes komplett ohne hörbare Neben-/Lagergeräusche. So wird die Geräuschkulisse ausschließlich von der bewegten Luftmenge bestimmt und kann nahezu beliebig weit gedrosselt werden – solange einem die ebenso abnehmende Kühlleistung noch ausreicht. Parallel zur Produktion dieses Heftes hat Noctua übrigens die NF-A12x25 für 30 Euro vorgestellt, die auch bei der Effizienz neue Maßstäbe setzen sollen.

Noiseblocker Eloop B12-PS (120 mm)

Beim bionischen Design der Noiseblocker Eloop schlägt die Spitze eines Lüfterblattes einen Bogen zum nachfolgenden. Diese von Vogelflügeln inspirierte Konstruktion verhindert laute Verwirbelungen an den Blattenden – weil es gar keine Enden mehr gibt. So ist der B12-PS über sein gesamtes Leistungsspektrum hinweg leiser als die Konkurrenz bei vergleichbarer Kühlleistung (max. 10,9 K bei 0,8 Sone). Umgekehrt kann er bei gleicher Lautheit schlicht mehr Luft bewegen und besser kühlen (14,1 K bei 0,2 Sone) – zumindest solange kein Hindernis den Weg versperrt. Vorverwirbelte Luft stört die hochoptimierte Aerodynamik dagegen und sorgt je nach Art des Hindernisses, Abstand und Drehzahl für zusätzliche Geräusche: Bei voller Drehzahl führt ein dünner Staubfilter 2 cm vor dem Lüfter zu hörbaren Unterschieden und eine restriktive, aus Bohrlöchern gebildete Lüfteröffnung sogar zu messbar höherer Lautstärke. Bei halbierter Drehzahl reichen dagegen schon 5 mm Abstand zum eigentlichen Hindernis, um Probleme zu vermeiden. Im blasenden Betrieb auf Kühler oder zur Gehäuseentlüftung sind die Eloops dagegen jeden Cent wert.

Scythe Glide Stream PWM (120 mm; auch 140 mm)

Während High-End-Marken mit ihren Silent-Qualitäten werben, punktet Scythes Glide Stream mit seinem günstigen Preis. Der Entwicklungsaufwand beschränkt sich hier auf ein paar Optimierungen an den Lüfterflügeln und einen möglichst kompakten Antrieb für zusätzliche Rotorfläche. Die Ausstattung besteht aus kleinen Entkopplungselementen in den Rahmenecken – und sonst nichts. Der Lüfter selbst kann dafür mit einem weiten Regelbereich (290 bis 1.300 U/min) und einem nominell guten Verhältnis aus Kühlleistung und Lautheit punkten (10,3 K bei 1,5 Sone; 12,2 K bei 0,6 Sone). Letztere wird in der Praxis aber subjektiv durch Antriebsgeräusche gestört: Trotz der ohnehin brummigen Geräuschcharakteristik des Rotors ist bereits bei 1.000 U/min das ratternde Lager zu vernehmen und unterhalb von 600 U/min dominiert dieses gar die Geräuschemissionen. Im normalen Einsatz sind diese Schwächen für viele Anwender gut zu verkraften. Anspruchsvolle Nutzer hören aber heraus, welche Design-Entscheidungen den niedrigen Preis ermöglichen, und können die niedrige Minimaldrehzahl nicht in zusätzliches Silent-Potenzial umsetzen.

Be quiet Silent Wings 3 PWM (120 mm; auch 140 mm)

Die Silent Wings 2 gehörten lange zur Lüfter-Referenzklasse, am Nachfolger fällt vor allem der neu gestaltete Rahmen mit geweiteten Ecken zum Zweck des Ansaugens zusätzlicher Luft auf. Außerdem lässt einem Be quiet jetzt die Wahl zwischen weichen Gummientkopplern und durchgehenden Schraubtunneln, welche endlich eine bequeme Montage auf Radiatoren erlauben. Dank neuer Lüftergeometrie bieten die Silent Wings 3 bei gleicher Drehzahl auch mehr Durchsatz als ihre Vorgänger, ohne dabei deutlich lauter zu werden. Das Verhältnis aus Lautheit und Leistung gehört zu den besten am Markt (11,7 K bei 0,8 Sone, 14,4 K bei 0,2 Sone) und muss sich nur den Eloops geschlagen geben – aber ohne deren Empfindlichkeiten im saugenden Betrieb. Dafür gibt sich der Silent-Wings-3-Antrieb im PCGH-Test divenhaft: Je nach Steuerung beobachten wir entweder PWM-Fiepen (1,5 statt 0,2 Sone!), Drehzahlsprünge (1.400 U/min bei 100 Prozent, 950 U/min bei 98 Prozent PWM!) oder einen ruckigen Lauf bei unter 54 Prozent PWM (200 U/min). An Mainboards sind solche Ärgernisse aber selten und im Zweifelsfall lassen sie sich durch analoge Regelung über die Spannung ganz ausschließen.

Arctic F12 PWM (120 mm; auch als F14 mit 140 mm)

Kann man für 5 Euro einen kaufenswerten Lüfter anbieten? Nun, allein durch den niedrigen Preis ist Arctics F12 natürlich für Anwendungen mit geringen Anforderungen interessant, aber auch im Vergleich mit deutlich teureren Konkurrenten schneidet der Lüfter nicht schlecht ab. Am oberen Ende des Drehzahlspektrums agiert der unspektakuläre Rotor sogar auf Augenhöhe mit einigen Premium-Produkten (10,0 K bei 1,6 Sone). Weiter unten ist die Kühlleistung der Lautheit angemessen (12,9 K bei 0,6 Sone), was auch schon mehreren F12-bestückten Arctic-Kühlern zu guten PCGH-Testplatzierungen verholfen hat. Das Zubehör des Retail-F12 erinnert aber ebenfalls an beigelegte Standardlüfter. Oder anders gesagt: Es gibt keins – sieht man von den vier Befestigungsschrauben ab. Leider ebenfalls in den Retailmarkt übernommen wurde der Antrieb, der zumindest an problematischen Lüftersteuerungen wie unserer Zalman ZM-FC3 für PWM-Fiep-Ärger sorgt und sogar bei analoger Regelung leise vor sich hin zischelt. Bei der Haltbarkeit muss man aber keine Abstriche machen, Arctic gibt sechs Jahre Garantie auf die Niedrigpreis-Offerte.

Noiseblocker Eloop B14-PS

29 mm Dicke verschaffen den 14-cm-Eloops einen Vorteil gegenüber der Konkurrenz, eigentliches Highlight bleibt aber der Schlaufenrotor. Dieser produziert im Falle des B14-PS bei 100, 75 und 50 Prozent der jeweiligen Maximaldrehzahl eine ähnliche Geräuschkulisse wie die langjährige PCGH-14-cm-Referenz Noctua NF-A14 FLX. Noiseblocker liefert dabei aber jeweils ein bis zwei Kelvin bessere Temperaturen (8,8 K bei 1,2 Sone; 11 K bei 0,3 Sone) ab. Auch in der B-Note überzeugt der B14-PS: Mit einem PWM-Regelbereich von rund 75 Prozent wurde das knappe Drehzahlspektrum der 120-mm-Eloops bis in den Ultra-Silentbereich verlängert und das 140-Modell ist auch vergleichsweise unempfindlich gegenüber Hindernissen in der Luftzufuhr. Zwar beeinflusst stark vorverwirbelte Luft auch hier die Geräuschentwicklung, das Luftrauschen am Hindernis selbst ist aber wesentlich stärker. Zusätzliche Brummgeräusche beobachten wir nur in Einzelfällen bei direkt aufliegenden Strukturen, bereits die Lüftervorkammer eines Radiators oder die Halterung vieler Gehäuse-Staubfilter sorgt für ausreichend Abstand, um die Geräuschcharakteristik unbeeinflusst zu lassen.

Noctua NF-A14 FLX (auch als PWM erhältlich)

Optik-Features sucht man bei Noctua – abseits der gewöhnungsbedürftigen Farbgebung – vergeblich. Stattdessen liegt der Fokus auf Qualität und Ausstattung. So findet sich in der aufwendigen Verpackung (die Grundfläche hätte bequem für ein 180-mm-Modell gereicht) sehr umfangreiches Zubehör: Verlängerungen, Entkoppler, Adapter – alles dabei. Im Einsatz möchte Noctua mit zahlreichen Geräuschoptimierungen an Rahmen und Rotor überzeugen. Die eigentlichen Highlights – und in dieser Hinsicht konkurrenzlos – sind aber Lager und Antrieb. Egal wie weit wir den Lüfter unter Nutzung einer Lüftersteuerung mit Start-Boost drosseln: Auch bei minimaler Luftbewegung können wir keine Nebengeräusche heraushören. Obwohl das Verhältnis zwischen Förderleistung und Geräuschentwicklung im Vergleich zu einigen Konkurrenten „nur" gut ist (9,5 K bei 1,2 Sone; 12 K bei 0,4 Sone), stellt der NF-A14 deswegen seit langer Zeit die PCGH-Empfehlung für höchste Ultra-Silent-Ansprüche dar. Kein anderer Lüfter ist derzeit bei minimaler Drehzahl so nahe an „komplett unhörbar" dran – auch wenn beispielsweise ein Eloop bei „fast unhörbar" mehr Luft bewegt.

Aerocool Dead Silence White Edition 140mm

Aerocools Dead Silence wirkt wie eine Sammlung von Ideen anderer Hersteller: entkoppelnde Ecken und wirbelerzeugende Strukturen (Noctua), ein x-förmiger Rahmen (EKL), Längsstrukturen auf den Lüfterblättern (Be Quiet) und darunter Punktstrukturen, die andere Hersteller wieder aufgegeben haben. Kombiniert mit einer Beleuchtung (ab circa 4,5 V) und einem auffälligen Design glaubt man an ein Lockangebot, das uninformierte Käufer mit vorgetäuschten Features ködert. Aber: Aerocool kombiniert tatsächlich die Vorzüge zahlreicher High-End-Produkte zu einem exzellenten Lüfter, der immer wieder für deutlich unter 20 Euro angeboten wird. Insgesamt reicht sein Spektrum vom leisen Betrieb mit guter Leistung (10,3 K bei 0,7 Sone; 12,3 K bei 0,3 Sone) bis runter in den Ultra-Silent-Bereich mit sehr leisem Lager und noch ausreichender Leistung. Auch sonstige Eigenschaften und die Ausstattung bewegen sich auf hohem Niveau – mit einer Ausnahme: Genau wie beim Noctua NF-A14 FLX liegt die Anlaufdrehzahl bei über 50 Prozent der Maximaldrehzahl. Um das Silent-Potenzial voll auszuschöpfen, ist also eine Lüftersteuerung nötig, die den Lüfter zunächst mit voller Spannung anlaufen lässt.

Nanoxia Cool Force Fan 140

Wer einen leisen, aber günstigen 140-mm-Lüfter sucht, der ist bei Nanoxias Cool Force (baugleich zu den dunkelgrünen Deep-Cool-Modellen) richtig, denn trotz niedrigem Preis erhält man hier kein Billigprodukt. Mit maximal 0,4 Sone (12,2 K) ist der Cool Force sogar einer der leisesten 140-mm-Lüfter überhaupt und dank eines relativ weiten Drehzahlbandes und einer akzeptablen Lagerqualität lässt er sich noch deutlich weiter herunterregeln. Weit unter 0,1 Sone beziehungsweise 16,2 dB(A) bei 50 Prozent Drehzahl macht er selbst teureren Silent-Spezialisten Konkurrenz. Leider ebenfalls auf niedrigem Niveau bewegt sich die maximale Kühlleistung. Seine geringe Lautheit erzielt der Cool Force nämlich nur teilweise über die Aerodynamik der sichelförmigen Lüfterblätter. Ebenso viel Einfluss hat die geringe Maximaldrehzahl von rund 1.000 U/min, die neben einem geringen Luftrauschen auch eine geringe Kühlleistung zur Folge hat. Voll aufgedreht erreicht Nanoxia so das Lautheits-Kühlleistungs-Verhältnis einiger Oberklasse-Produkte in gedrosseltem Zustand. Letztere bieten aber zusätzlich die Option auf höhere Drehzahlen und damit Leistung, die dem günstigeren Cool Force verwehrt bleibt.

Phobya G-Silent 18 rot

Lüfter mit mehr als 14 cm Rahmenbreite werden von den Herstellern weiterhin als Nischenprodukt behandelt, dabei eignet sich das Format sehr gut als Gehäuselüfter und für entsprechend große Radiatoren einer modularen Wasserkühlung. Mangels High-End-Marktangeboten fällt die Lüfterempfehlung allerdings sehr kurz aus: Phyobas G-Silent 18 rot mit 32 mm Rahmendicke (nicht mit den 25 mm dicken Slim-Modellen zu verwechseln!) vereint unter den bislang von PCGH getesteten Riesenlüftern als Einziger einen relativ leisen Antrieb mit einem angemessenen Verhältnis aus Lautheit und Leistung. 7,3 Kelvin und 0,6 Sone bei den maximal möglichen 700 U/min erscheinen verglichen mit 140-mm-High-End-Modellen sogar unschlagbar gut – man sollte aber nicht vergessen, dass ein 18-cm-Lüfter eine 65 Prozent größere Fläche belüftet. In der 120-mm-Klasse müsste man sogar die Kühlleistung von etwas mehr als zwei Exemplaren zum Vergleich heranziehen und würde mit High-End-Modellen sogar eine noch höhere Kühleffizienz ermitteln. Nahezu ohne Zubehör und Extras kostet der Phobya G-Silent 18 aber weniger als ein einzelner High-End-120er, geschweige denn zwei.

Anzeige

Ganz vorne dabei mit NVMe-SSDs

SAMSUNG V-NAND

nvm EXPRESS

Wer bei modernen SSD-Laufwerken den Turbo gezündet haben möchte, der sollte auf NVMe-Modelle setzen. So wie auf die neuen Samsung SSDs der 970 Serie.

Schnelle Rechner mit NVMe-SSDs
Fast alle PCs, Notebooks, Ultrabooks, Server oder Spezialsysteme lassen sich durch SSDs rasant betreiben. Insbesondere High-End-Konfigurationen mit schnellen AMD Ryzen- oder Intel Core-Prozessoren können mit modernen NVMe-SSDs auf PCI-Express-Basis zu Höchstleistung auflaufen. Hinter der Abkürzung NVMe, die für Non-Volatile Memory Express steht, steckt ein Protokoll, das in Verbindung mit der passenden Schnittstellentechnik beeindruckende Tempoerfahrungen verspricht. Wer also noch mehr möchte, als eine herkömmliche SATA-SSD zu bieten hat, der kann auf eine NVMe-SSD setzen.

SSDs mit NVMe-Protokoll wie die 970 Serie stehen für bahnbrechende Leistung.

Die NVMe-SSDs von Samsung überzeugen mit einer sehr hohen Leistung bei gleichzeitig geringem Energiebedarf. Diese auf der V-NAND Speichertechnologie basierenden SSDs nutzen PCI Express (PCIe) Gen3 x4, das eine höhere Bandbreite und – in Verbindung mit dem NVMe-Protokoll – geringere Latenzzeiten als SATA ermöglicht. In der Praxis zeigt sich, dass NVMe-SSDs Parralleloperationen wie gleichzeitiges Lesen und Schreiben verschiedener Daten souverän bewältigen und so praktisch alle Operationen schnell und mit geringen Verzögerungen ausführen kann. Auch die neuen Modelle der SSD 970 Serie können hier so manche Erwartungen übertreffen.

SSD 970 PRO: für Profis und Enthusiasten
Mit der SSD 970 PRO werden selbst intensive Workloads auf PCs oder Workstations zum Kinderspiel. Die NVMe-SSDs im kompakten M.2-Formfaktor (2280) erreichen mit bis zu 3.500 MB/s lesend[1] und 2.700 MB/s schreibend[1] etwa 30 % bessere Werte als die Vorgängermodelle von Samsung – und befördern 4K Video- oder 3D-Grafikbearbeitung sowie High-End-Gaming auf ein hohes Niveau. Fortschrittlich sind sie auch in Sachen Zuverlässigkeit und Lebensdauer dank bis zu 1.200 TB Total Bytes Written. Komplett wird das Gesamtpaket durch die Auswahl an Kapazitäten zwischen 512 GB und 1 TB und 5 Jahre Herstellergarantie[2].

Lässt in Sachen Geschwindigkeit praktisch keine Wünsche offen: die NVMe-SSD 970 PRO.

SSD 970 EVO: vielseitig auf hohem Niveau
Die SSD 970 EVO Modelle eignen sich für eine breite Spanne an Anwendungen – vom modernen Büro-Rechner bis hin zu High-Performance-Anwendungen. Auch sie bieten geballte Leistung mit bis zu 3.500 MB/s lesend[1] und 2.500 MB/s[1] schreibend, eine im Vergleich zu den Samsung Vorgängermodellen um bis zu 50 % gesteigerte Lebensdauer mit bis zu 1.200 TB Total Bytes Written und eine große Auswahl an Kapazitäten bis zu 2 TB.

Mit der Samsung Magician-Software ist auch die Laufwerksverwaltung ein Kinderspiel. Die benutzerfreundliche Software-Lösung kann das Laufwerk mit Updates immer auf dem neuesten Stand halten, überwacht Statusparameter und optimiert die Leistungsfähigkeit.

Die Magician-Software kann mit jeder Samsung SSD genutzt werden und bietet eine Fülle nützlicher Funktionen.

Fazit: Zeit für Highspeed
NVMe-SSDs wie die Samsung SSD 970 Serie stehen für das zurzeit maximal Machbare. Die SSDs der neuesten Generation bieten eine hohe Stufe an Leistung und Zuverlässigkeit – und überlassen Anwendern zu jedem Zeitpunkt die Entscheidung, was sie mit ihrem System machen wollen.

Entdecken Sie die Möglichkeiten unter:
www.samsung.com/de/ssd

[1] Angaben für das Topmodell. Die Leistungsfähigkeit kann je nach Host-System und Konfiguration abweichen.
[2] Die genauen Garantiebedingungen finden Sie unter dem Link www.samsung.com/de/support/warranty

SAMSUNG

Bild: Xxxxxxxxxxxxxxxx

Netzteilpower

Ohne Netzteil kann selbst der beste Rechner nicht laufen. Damit dem Spielvergnügen mit dem eigenen PC nichts mehr im Wege steht, haben wir einige Spannungswandler für Sie herausgesucht.

Wenn Sie sich Ihren eigenen Gaming-Rechner zusammenbauen, müssen Sie sich irgendwann Gedanken über die Stromversorgung machen. Hier sollten Sie umso genauer hinschauen und einige wichtige Parameter beachten, denn Netzteile werden in der Regel nicht so schnell ausgetauscht wie andere Hardware-Komponenten. Auf den folgenden Seiten gehen wir deshalb etwas genauer auf die Punkte ein, die zu einer erfolgreichen Wahl führen, und bieten Ihnen noch zu guter Letzt sechs Netzteile, die Sie ohne Bedenken verwenden können. Ob passiv, semipassiv, leistungsfähig oder im SFX-Formfaktor – bei unserer Auswahl sollte für jedes Anwendungsszenario und für jeden Geschmack etwas dabei sein.

Wie viel Watt braucht man?

Für die korrekte Wahl Ihres Netzteils müssen Sie zunächst den Strombedarf Ihres Systems ermitteln. Diesen können Sie über die Herstellerangaben der einzelnen Komponenten errechnen, indem Sie unsere Hardware-Tests lesen, oder Sie verwenden für eine sehr grobe Einschätzung Online-Leistungsrechner, beispielsweise den von Be Quiet. Alternativ können Sie auch die Gesamtleistungsaufnahme an einem bereits bestehenden System messen.

Bei der Wahl Ihres Stromspenders sollte Ihr Rechner nicht die maximale Nominalleistung ausschöpfen, da die meisten Netzteile einen Sweetspot zwischen 30 und 70 Prozent Auslastung haben – dort arbeiten die Spannungswandler am effektivsten. Sie sollten natürlich auch im Hinterkopf behalten, welche Vorhaben Sie mit Ihrem zukünftigen Gaming-Rechner bewältigen wollen: Mehrere Grafikkarten im Multi-GPU-Betrieb oder Übertaktungsambitionen? Dies kann natürlich den Stromverbrauch enorm steigern, aber auch ein zukünftiges Aufrüsten kann sich in einer erhöhten Leistungsaufnahme widerspiegeln.

Simplen Bürorechnern und stromsparenden Multimedia-Playern reichen locker 300-Watt-Netzteile, Spiele-Rechner mit Budget- oder Mittelklassekarten kommen gut mit 400 bis 500 Watt aus und für High-End-Gaming-PCs sollte man um die 600 Watt anpeilen.

Single- oder Multi-Rail?

Die Konfiguration der 12-Volt-Leitung in einem Netzteil stellt potenzielle Käufer vor ein Problem: Soll es nun ein Single- oder Multi-Rail-Gerät werden? Um diese Gretchenfrage beantworten zu können, vergleichen wir erst einmal beide Konfigurationen.

In Multi-Rail-Netzteilen werden die einzelnen Leiterbahnen durch eine Schutzschaltung, den sogenannten Überstromschutz (OCP), separat überwacht. Sobald eine Rail beispielsweise 55 Ampere erreicht, schaltet sich das Netzteil aus Sicherheitsgründen ab und vermeidet dadurch Hardwareschäden und Kabelbrände. In einem Single-Rail-Gerät wird dagegen nicht jede Leiterbahn einzeln überwacht, sondern die ge-

samten stromspendenden Leitungen als Einheit betrachtet.

Kommt es nun zu einem Kurzschluss in einem Bauteil oder auf der Leiterplatte, steigt der Strom auf der 12-Volt-Schiene des Single-Rail-Netzteils enorm an, bis die OCP greift. Durch den vergrößerten Verbraucher ist der Wert zum Auslösen der Schutzschaltung natürlich höher als noch im Multi-Rail-Design. Es ist deshalb bei leistungsstarken Einheiten nichts Ungewöhnliches, dass dieser Wert die Belastungsgrenzen der Kabel übertrifft.

Ein Single-Rail-Netzteil der 350-Watt-Klasse ist daher mit einer vorgesehenen Belastung von unter 30 Ampere völlig unbedenklich. Erst ab der mittleren Watt-Klasse von mehr als 500 Watt sind Netzteile mit mehreren Schienen bezüglich der Sicherheit im Vorteil. Der Sicherheitsvorteil schwindet allerdings deutlich, wenn ein Bauteil über zwei oder gar drei +12-Volt-Schienen versorgt wird. Eine Grafikkarte könnte beispielsweise über den Slot Spannung aus +12V1 und über die PCIe-Stecker aus +12V3 und +12V4 erhalten. Für einen Kurzschluss auf dieser Grafikkarte würde dann die gesamte Belastbarkeit aller drei Schienen zur Verfügung stehen – Multi-Rail-Vorteil dahin.

Better be efficient

Bei allen elektrischen Arbeiten geht Energie in Form von Wärme verloren, so auch beim Wandlungsprozess von 230-Volt-Netzspannung in computertaugliche 12-Volt-Gleichspannung. Effizientere Netzteile erzeugen demnach weniger Abwärme, müssen weniger stark gekühlt werden und halten dadurch auch wesentlich länger.

Um Informationen zum Wirkungsgrad eines Spannungswandlers zu bekommen, hat sich das US-amerikanische 80-Plus-Zertifikat durchgesetzt. In der niedrigsten Zertifizierung werden 85 Prozent Effizienz bei 50 Prozent Auslastung in einem 230-Volt-Netz erreicht. Leistungsfähigere Spannungswandler werden anhand ihrer Effizienzwerte in Bronze (88 Prozent), Silber (90 Prozent), Gold (92 Prozent), Platinum (94 Prozent) und Titanium (96 Prozent) eingeteilt.

In der letzten Effizienzklasse zieht ein Netzteil dagegen rund 2/3 weniger Energie und spart in einem Acht-Stunden-Volllast-Szenario pro Jahr circa 55 Euro (bei einem kWh-Preis von 30 Cent) – verglichen mit der niedrigsten Zertifizierung. Je länger Sie Ihren Rechner also mit Volllast betreiben, desto eher lohnt sich der Kauf einer hohen Effizienzklasse.

Nutzen Sie Ihr System dagegen als Bürorechner nur acht Stunden am Tag oder weniger, müssen Sie Ihren Rechner nicht unbedingt mit hocheffizienten Spannungswandlern bestücken. Für Multimedia-Rechner mit moderaten Mittelklasse-GPUs fahren Sie am besten mit einem Gold-Netzteil, die es schon ab 70 Euro zu kaufen gibt. Ein guter Richtwert für das Netzteil-Budget sollte der jährlich eingesparte Betrag sein: Achten Sie darauf, dass sich nach spätestens zwei Jahren Nutzung der Spannungswandler amortisiert hat.

Mach keinen Mucks

Wenn Sie auf einen komplett stillen PC angewiesen sind, beispielsweise für ein Ton-Studio, empfiehlt sich ein passiv gekühltes Netzteil. In der Regel werden hier hochwertige Baugruppen verbaut, da diese – wie bereits erwähnt – höheren Temperaturen und Belastungen ausgesetzt werden können. Das ist extrem wichtig, wenn es keine aktive Kühlung gibt. Dadurch werden auch die elektrischen Eigengeräusche, etwa Spulenfiepen, am besten unterdrückt.

Ein besonderes Augenmerk sollten Sie bei aktiv gekühlten Spannungswandlern unbedingt auf die Lüfterkurve richten: Diese sollte im besten Fall anpassbar sein und im schlechtesten Fall erst bei 80 Prozent Last merklich hörbar werden. Eine sehr gute Alternative zu den teuren passiv gekühlten Netzteilen sind die semipassiven Vertreter. Diese laufen bis zu einem bestimmten Lastbereich, meist bis zu circa 25 Prozent, ohne aktive Kühlung der Baugruppen – ideal also für Idle-Zustände, Office-Arbeiten oder Ähnliches.

Die Lautheit eines Netzteils ist auch maßgeblich von der Größe des verwendeten Lüfters abhängig: Je kleiner ein Rotor ist, desto lauter ist dieser. Setzen Sie in ruhigen Arbeitsbereichen dann lieber auf Spannungswandler mit mindestens 120-mm-Lüftern. Bedenken Sie auch die Entfernung zum PC, da die Intensität des Schalls im Quadrat von der Quelle abnimmt.

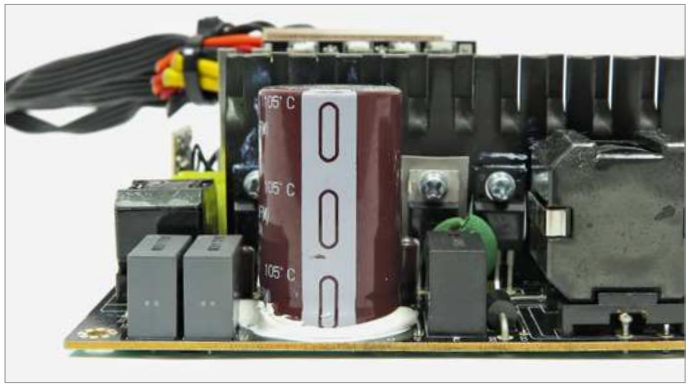
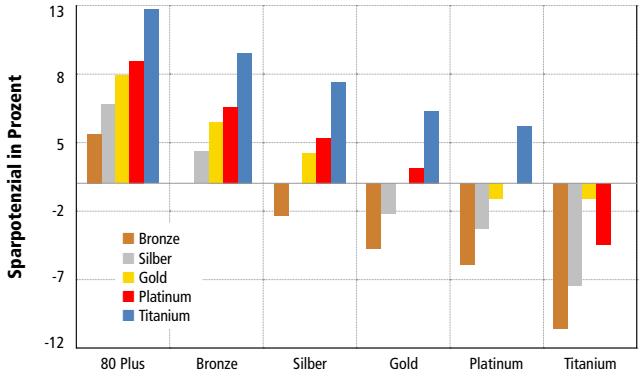


Bild: Eric Schrader, 2011, www.pcgh.de/cap

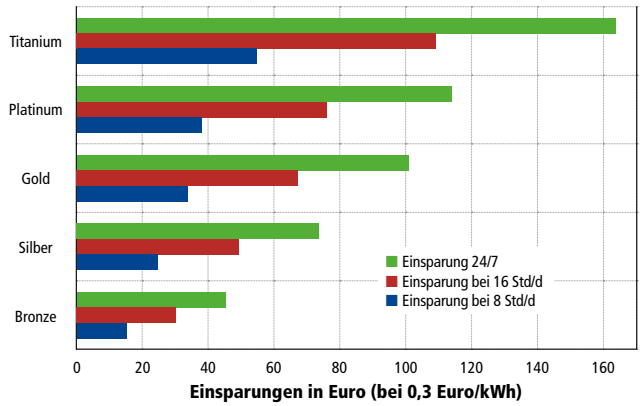
Oben zu sehen ist ein Primärkondensator, der mit seiner elektrischen Kapazität maßgeblich die Stützzeit beeinflusst. Unterschieldiche Kondensatoren (unteres Bild) filtern zudem die Restwelligkeit aus der Mischspannung und halten diese minimal.

Was bringt 80 Plus im Geldbeutel?

Welches Einsparpotenzial bieten die unterschiedlichen Effizienzlabels?

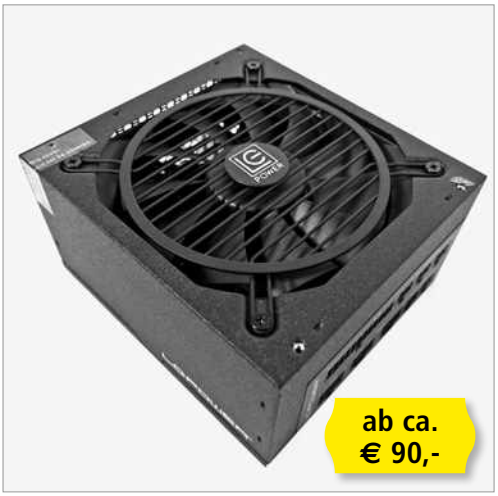


Wie viel kann man im Vergleich zum 80-Plus-Label sparen?



LC-Power Platinum LC550 – idealer Einstieg

Es muss nicht immer viel Geld sein, um gute Leistung zu bekommen. LC-Power zeigt mit dem LC550 eine günstige Platinum-Lösung für Gaming-Rechner.



Das Einsteigernetzteil ist für knapp 90 Euro zu haben und der Hersteller möchte mit diesem Spannungswandler die qualitativ hohen Ansprüche eines Platinumkäufers befriedigen. Das bedeutet, dass hochwertige Baugruppen verwendet werden und eine sehr gute Spannungsregulation selbst in Crossload-Szenarien vorliegt. Dazu können sich die Effizienzwerte durchaus sehen lassen, die durch moderne Topologien erzielt werden, sodass LC-Power sogar bessere Werte als bei der direkten Konkurrenz abliefert. Hinzu kommen ein marginaler Spannungsabfall auf der 12-Volt-Leitung von gerade mal 0,6 Prozent sowie eine geringe Spannungsabweichung mit 1,1 Prozent von der Idealspannung. Eine kontinuierliche und saubere Ausgabe der Spannungen ist somit gewährleistet.

Bis zu einer Last von 60 Prozent oder 330 Watt kühlt ein 135 mm großer Gleitlagerlüfter aktiv die Komponenten mit einer Lautheit von 0,5 Sone. Bis zu 80 Prozent Last steigt die Geräuschkulisse auf 0,9 Sone und gipfelt bei Volllast in hörbare 2,3 Sone. Das vollmodulare Single-Rail-Netzteil hat fünf Jahre Garantie von LC-Power zugesprochen bekommen, wird mit Flügelschrauben und Entkoppler geliefert und verfügt über die gängigen Schutzmechanismen.

Corsair SF600 – kompaktes Kraftpaket

Ideal für HTPCs oder Kleinstrechner, das kompakte Kraftpaket von Corsair überzeugt mit einer sauberen Spannungsausgabe und hervorragenden Effizienzwerten.

Corsair und der OEM-Produzent Great Wall haben dieses recht eng dimensionierte SFX-Netzteil konstruiert. Anders als üblich kommt kein 80-mm-Lüfter zum Einsatz, sondern ein 92 mm breiter Rifle-Bearing-Rotor – bei 100 mm Gesamtbreite. Die Krux vieler SFX-Netzteile liegt nämlich oft in den zu kleinen Lüftern, die für den notwendigen Luftdurchsatz mit höheren Drehzahlen laufen müssen. Im unteren Lastbereich wird das Netzteil zudem durch eine semipassive Lüftersteuerung erst bei circa 15 Prozent Last aktiv gekühlt.

Die verlangten Effizienzwerte für eine Goldzertifizierung erreicht der kleine Stromspender mit Leichtigkeit und der Effizienz-Sweetspot liegt beim Corsair SF600 zwischen 35 und 60 Prozent Auslastung. Die Spannungsregulation fällt im Test äußerst strikt aus, sodass Spannungsabweichung und -abfall nicht nur im Rahmen der Grenzwerte liegen, sondern weit darunter. So konnte der stärkste Spannungsunterschied und -drop auf der 5-Volt-Stand-by-Leitung mit 1,47 Prozent respektive 4,55 Prozent gemessen werden. Auch die Restwelligkeit konnte Corsair durch die gewählten Kondensatoren auf ein Minimum reduzieren: Auf der 12-Volt-Schiene betrug die Restwelligkeit beispielsweise gerade mal 32,8 mV.

Seasonic Fanless – stärkstes passives Netzteil

Aktuell ist das Seasonic Prime Fanless mit 600 Watt Nominalleistung das stärkste passive Netzteil, das man für teuer Geld erstehen kann.

Das Netzteil wurde im Single-Rail-Design gehalten und kann über die 12-Volt-Schiene die gesamten 600 Watt Leistung ausgeben. Geschützt wird der Spannungswandler mit der üblichen Phalanx an Schutzschaltungen, darunter OVP, UVP, OPP, OTP, SCP und OCP. Für den Temperaturschutz wird auf einen Heißleiter mit negativem Temperaturkoeffizienten zurückgegriffen.

Wie für Titanium-Netzteile üblich, verfügt dieser Spannungswandler über eine sehr gute und strikte Spannungsregulation, die Abweichung von der Idealspannung beträgt beispielsweise auf der 12-Volt-Schiene nur 1,79 Prozent. Auch der Spannungsdrop fällt nur gering aus, nämlich 0,23 Prozent. Dank dieser Werte kann das Netzteil auch in Crossload-Situationen eine kontinuierliche und saubere Ausgabe der entsprechenden Spannungen garantieren. Um Herr über die Restwelligkeit in der Mischspannung zu werden, hat Seasonic nicht nur erstklassige Kondensatoren verbaut, sondern auch welche in die Kabel eingebaut. Das Netzteil erreicht deswegen einen Ripple von 24,08 mV auf der 12-Volt-Schiene. Ein Muss also für einen Silent-Gaming-Rechner.

SAMSUNG
Unreal performance, realized
Erleben Sie die Geschwindigkeit und Leistung der nächsten Samsung SSD-Generation.

Samsung SSD 970 PRO | www.samsung.com/de/ssd

Be quiet Straight Power 11 – kraftvoll

Seit 2007 ist Be quiet in Sachen Netzteile Marktführer in Deutschland. Das Straight Power 11 hat zudem ein Topologie-Upgrade gegenüber dem Vorgänger bekommen.

Durch den Einsatz modernster Topologien, von Halbbrücken über LLC-Kreise bis hin zu der DC-DC-Wandlung, kann das Netzteil in allen wichtigen Belangen glänzen: Exzellente Effizienzwerte, die schon in Richtung Platinum tendieren, eine sehr gute Spannungsregulation und eine starke Ripple-Unterdrückung sprechen eindeutig für das Straight Power 11. Das Netzteil ist etwas größer als der ATX-Standard und wurde von Be quiet großzügig mit allen nötigen Kabeln und Anschlüssen ausgestattet. Dank Multi-Rails und allen erdenklichen Schutzschaltungen (OPP, OCP, UVP, SCP, OVP) können die 750 Watt Gesamtleistung zudem sicher und bedenkenlos eingesetzt werden.

Erstaunlicherweise ist die Effizienz sogar so gut, dass ab 25 Prozent Last bereits ein Wirkungsgrad von 0,92 vorliegt. Für Geräuschempfindliche ist dieses Netzteil ideal geeignet und Be quiet macht dem eigenen Namen wieder alle Ehre: Leise 0,1 Sone sind bis 60 Prozent Last kaum wahrnehmbar und gerade mal 0,6 Sone bei Volllast sprechen (oder viel mehr flüstern) eine deutliche Sprache. Mit knapp 115 Euro Straßenpreis ist das Netzteil im oberen Segment der Gold-Zertifizierung angesiedelt, kann aber mit einer konsequent sehr guten Leistung überzeugen.

Enermax Max Tytan – Titanen auf Titanium

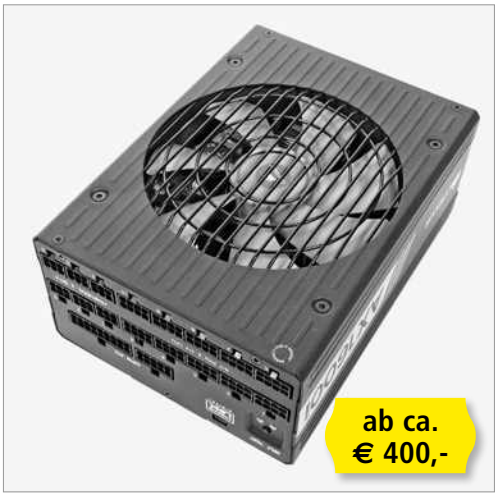
Enermax' Flaggschiff überzeugt nicht nur mit Titanium-Effizienzwerten, sondern auch mit einer erstklassigen Ausstattung und einer sehr guten Spannungsstabilität.

Die qualitativ hochwertige Bauteilbestückung des Netzteils zeigt sich, indem beispielsweise eine angemessene Hold-up-Time erreicht wird und ein semipassiver Lüftermodus vorhanden ist, der erst bei 65 Prozent aktiv kühlt. Bessere Baugruppen und bessere Topologien äußern sich durchaus in einer kalkulierbaren Abwärme, da durch die hohen Effizienzwerte weniger Strom verschwendet wird. Hinzu kommt eine ganze Phalanx an Schutzschaltungen, die neben den üblichen Standards auch noch den Temperaturschutz miteinbezieht. Dadurch kann das Netzteil durchgehend bei 50 °C Umgebungstemperatur betrieben werden, was bei manchen Herstellern auch durchaus nicht selbstverständlich ist. Wenn der Lüfter dann mal aktiv kühlt, ist dieser selbst bei Volllast mit 0,7 Sone kaum wahrnehmbar und somit durchaus für Silent-Freunde geeignet. Der Spannungsabfall und die -abweichung fallen auch durch die gewählten Kondensatoren und die DC-DC-Topologie sehr gering aus, sodass man selbst in Crossload-Szenarien keine Bedenken haben muss. Anschlüsse für die eigene Hardware sind zudem zur Genüge vorhanden, getoppt von den einzeln gesleeveten Kabeln mit Kabelklemmen. Für 180 Euro bekommt man hier erstklassige Titanium-Qualität und eine ordentliche Ausstattung geliefert.

Corsair AX1600i – pure Dekadenz

Definitiv für Enthusiasten mit einem enormen Energiehunger geeignet, denn 1.600 Watt Nennleistung auf der 12-Volt-Schiene sprechen eine eigene Sprache.

Der Wattbolide fällt etwas größer aus als Standard-ATX-Netzteile und wird mit einem Potpourri an Kabeln und Steckern geliefert: Zwei EPS-, sieben PCI-E-, zwölf SATA- und neun PATA-Anschlüsse sollten wirklich alle Bedürfnisse befriedigen. Per USB-Kabel und iLink-Software lässt sich aus diesem Single-Rail- ein Multi-Rail-Netzteil machen, das dann über die entsprechenden zusätzlichen Schutzschaltungen verfügt.
Das Besondere an diesem Spannungswandler ist der Einsatz von Galliumnitridtransistoren, die höhere Schaltfrequenzen als Feldeffekt-Transitoren auf Siliziumbasis erlauben und dadurch Schaltverluste marginal ausfallen. Mit den neuen Transistoren können eine 40 Prozent höhere Leistungsdichte und geringere Kondensatorkapazitäten realisiert werden. Bis 640 Watt oder 40 Prozent Auslastung gibt das AX1600i keinen Laut von sich, da es semipassiv betrieben werden kann. Bei 80 Prozent Last erreicht die Lautheit nur 0,6 Sone, aber bei Volllast sind die gemessenen 2,8 Sone deutlich hörbar. Mit der beigelegten Software kann zudem die Lüfterkurve nach dem eigenen Gusto angepasst werden. Das Netzteil zeigt nur marginale Abweichungen von der Idealspannung, selbst in Crossload-Szenarien, sodass die Spannungsstabilität äußerst strikt ausfällt. In Sachen Stützzeit triumphiert das Netzteil mit 21,9 ms. Für Enthusiasten also ideal geeignet.



Gehäuse-Ensemble

Haben Sie Ihre Wunsch-Hardware ausgewählt, benötigt diese noch einen Unterschlupf: das Gehäuse. Unsere Selektion von Midi- bis Big Tower liefert Ihnen Inspirationen.

Das Gehäuse, im Englischen kurz „Case“ genannt, ist ein ganz besonderes Stück Hardware. Im Gegensatz zu allen anderen Komponenten, die zum Betrieb eines PCs notwendig sind, handelt es sich tatsächlich um eine optionale, wenn auch höchst sinnvolle Komponente. Ein gutes Gehäuse ist nicht bloß eine rahmende Halterung der Hardware, sondern dient außerdem der Kühlung, der Geräuschdämmung und – das wissen die meisten Anwender nicht – der Abschirmung vor elektromagnetischer Strahlung.

Wer seiner Hardware ein neues Zuhause spendieren will, muss sich nicht nur über die Gehäusegröße Gedanken machen. Auch Faktoren wie Kühlung, Lautheit der mitgelieferten Lüfter und nicht zuletzt die Optik beeinflussen die Gehäusewahl. Worauf noch zu achten ist und welche Modelle empfehlenswert sind, verraten wir hier.

Formfaktoren

Die Auswahl der richtigen PC-Behausung hängt zu großen Teilen vom geplanten Einsatzzweck respektive -ort ab. Ein Wohnzimmer-Rechner, welcher auch den Damen des Hauses gefällt, sollte beispielsweise kompakt sein und daher auf Mini-ITX-Maße setzen, während Spiele-PCs normalerweise auf ausgewachsenen Gehäusen der Midi- und Big-Tower-Klasse nebst ATX-Komponenten basieren. Größe resultiert in Volumen, das mit kräftiger Hardware aufgefüllt werden kann. Je mehr Platz vorhanden und je besser das Belüftungskonzept ist, desto kühler arbeiten Prozessor, Grafikkarte und ihre Kollegen. Außerdem bieten geräumige Behausungen reichlich Stauraum, beispielsweise für Wasserkühlungsradiatoren, welche mitunter dreifach belüftet werden („Triple Radi“).

Standards & Trends

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Gehäusefabrikanten das Rad nicht neu erfinden, denn die Standards rund um Hardware-Abmessungen und TDP-Klassen stehen seit Jahren still.

Zwei nennenswerte Veränderungen innerhalb der letzten fünf Jahre sind aber nicht von der Hand zu weisen: das Verschwinden von 5,25-Zoll-Schächten und der Siegeszug beleuchteter Elemente. Falls Sie zu den verbleibenden Anhängern optischer Medien – CD, DVD und Blu-ray – gehören und Ihr internes Laufwerk weiterhin verwenden möchten, fallen einige moderne Gehäuse aus dem Raster. Die LED-getriebene Beleuchtung im RGB-Farbspektrum ist hingegen eine reine Geschmacksfrage. Die meisten PC-Nutzer sehen die Farbenspiele als Mehrwert, andere empfinden sie als nutzlos oder gar lästig. Wer’s dunkel mag, sieht sich am besten nach einem Gehäuse ohne Seitenfenster oder Gitterstrukturen um.

Sie sollten Ihre Wahl folglich weise treffen, denn nichts ist ärgerlicher, als beim Zusammenbau eine Inkompatibilität festzustellen – und das passiert schneller, als man glaubt. Bei unseren sechs Gehäuse-Empfehlungen zwischen rund 80 und 200 Euro können Sie sicher sein, dass Gaming-Hardware hineinpasst, dadurch ergibt sich jedoch die Beschränkung auf Midi- und Big Tower. *(fs/rv)*

Fractal Design Define R6:
Durchdachte Weiterentwicklung

Der Nachfolger des populären Define R5 punktet mit nützlichen Neuerungen und guter bis sehr guter Kühlleistung.

Die augenscheinlichste Neuerung des Define R6 in der Tempered Glass Edition – für 130 Euro gibt's auch eine fensterlose Version – ist das Seitenteil mit Glasfenster. Anders als bei den meisten Gehäusen wird die Glasscheibe nicht mit vier großen Schrauben am Rahmen befestigt, sondern als Einheit mit dem Seitenteil und seinen Rändelschrauben eingesetzt. Die beidseitig anbringbare, gedämmte Tür ist am Define R6 wiederzufinden, diesmal jedoch mit einer Einlage aus gebürstetem Aluminium anstelle von Kunststoff. Bei geöffneter Tür fällt ein weiteres Extra auf: Bei vielen Gehäusen fehlt mittlerweile ein 5,25-Zoll-Schacht – beim Define R6 nicht. Hier befindet sich eine Halterung für optische Laufwerke oberhalb des mit seinem Druckmechanismus leicht entfernbaren Staubfilters. Dahinter ist Platz für drei 120-mm- oder zwei 140-mm-Lüfter; Letztere gehören genauso zum Lieferumfang wie der 140-mm-Hecklüfter und eine PMW-Steuerung, an deren Platine bis zu neun Propeller (6 × 3-Pin und 3 × 4-Pin) angeschlossen werden können.

Features wie die als „Modivent" bezeichnete Deckelkonstruktion oder die entfernbaren 2,5-Zoll-Halterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays gab es schon beim Define R5. Die Netzteilkammer, auf der sich zwei 2,5-Zoll-Laufwerksbefestigungen anbringen lassen, sowie die durch die Ausbaumöglichkeit des kompletten 3,5/2,5-Zoll-Käfigs flexible Inneraumgestaltung sind dagegen nützliche Neuerungen. Wie der Vorgänger eignet sich das Define R6 sehr gut für den Einsatz einer Wasserkühlung. An der Front ist Platz für einen 360/280-mm-Radiator. Ist die Halterung für die einzeln entnehmbaren 3,5/2,5-Zoll-Laufwerksplätze entfernt, lässt sich unter dem geöffneten Deckel gar ein 420-mm-Wärmetauscher anbringen.

Für die gute bis sehr gute Kühlleistung (Prozessor: 60 °C/Grafikkarte: 70 °C/ Innenraum: 38 °C) sind die drei mitgelieferten 140-mm-Lüfter verantwortlich. Dank zusätzlicher Dämmung in der Tür respektive beiden Seitenteilen dringt mit unserer potenten Test-Hardware nur eine geringe Geräuschkulisse von 1,1/1,1 Sone aus dem maximal 58,8 Liter fassenden Innenraum.

Be quiet Dark Base 700:
Midi-Tower mit reichlich Modularität

Das dritte Gehäuse aus der Dark-Base-Serie bringt die Modularität des großen 900er-Modells im platzsparenden Midi-Format unter.

Beim ersten Blick in den laufwerksfreien Innenraum wird klar, dass Be quiet auch beim Dark Base 700 viel Wert auf Flexibilität legt. Wie beim Dark Base 900 Pro (siehe übernächste Seite) können Sie beim etwas kleineren Dark Base 700 das Mainboard um 180 Grad gedreht einbauen. Be quiets einzeln entfernbare Laufwerksbefestigungen (1 × 3,5 Zoll/2 × 2,5 Zoll) gehören ebenfalls zur Ausstattung des Midi-Gehäuses. Befindet sich kein 280/240-mm-Radiator an der Front, ist im Innenraum mit 68 Liter Volumen Platz für fünf dieser Halterungen. Zwei weitere lassen sich im vorderen Teil der mit einer abnehmbaren Plastikverkleidung versehenen Netzteilkammer einbauen. Dazu kommen drei Montageplätze für 2,5-Zoll-Laufwerke auf der Rückseite der Hauptplatinen-Halterung. Zur weiteren Ausstattung gehören eine Lüftersteuerung (vierstufig/PWM), Staubschutz (Zug-/Druckmechanismus) und ein Kabelführungssystem mit Klettverschluss. Die Leuchtstreifen in der Front werden durch 12-Volt-RGB-LEDs realisiert, die über zahlreiche Mainboards oder in sechs Farben und drei Beleuchtungsmodi über das I/O-Panel gesteuert werden können. Dort befindet sich neben zwei USB-3.0-Typ-A-Anschlüssen und Audio-Klinken auch eine USB-3.1-Typ-C-Buchse.

Die Belüftung übernehmen zwei vorinstallierte 140-mm-Ventilatoren des Typs Silent Wings (PWM, max. 1.600 U/min). Maximal können zwei 140/120er in der Front, drei im Deckel und je einer im Heck, an der Netzteilblende sowie im Boden untergebracht werden. Eine Lüftersteuerung für sechs Modelle beherrscht neben einem PWM-Modus den Betrieb mit 12, 7 beziehungsweise 5 Volt.

Die Kühlleistung des RGB-beleuchteten Dark Base 700 fällt mit 58 °C (Prozessor), 70 °C (Grafikkarte) und 38 °C (Innenraum) sogar einen Tick besser aus als beim Fractal Design Define R6, das Sie auf der linken Seite sehen. Der Vorsprung geht allerdings dadurch wieder verloren, dass trotz Dämmung der an der Front montierte Silent-Wings 3-Lüfter mit 1,7/1,7 Sone Lautheit unter Dauerlast klar wahrnehmbar, wenn auch nicht wirklich störend ist.

LC-Power Gaming 993B Covertaker:
Viel Glas und RGB-Licht

Wer seine Hardware gerne in Szene setzt, wird mit dem Covertaker dank großer Glasflächen, Beleuchtung und Fernbedienung Spaß haben.

Licht an! Die vier RGB-Lüfter, welche dank des gläsernen Seitenteils und einer halbverglasten Front prominent präsentiert werden, sind das Highlight des Gaming 993B Covertaker. Die Steuerung der vier lichtwerfenden Luftquirle übernimmt eine Platine auf der Rückseite der Mainboardhalterung. Hier lassen sich insgesamt sieben RGB-Lüfter anbringen, deren Farbe und deren Effekte Sie sogar mit der mitgelieferten Fernbedienung wählen können. Dabei sollten Sie beachten, den Empfänger relativ offen, also nicht direkt vor einer Glas- oder Metallwand zu positionieren.

Wie die meisten Gehäusehersteller bevorzugt auch LC-Power für den schwarz lackierten Innenraum mit einem Volumen von 53,7 Litern die Zweikammeraufteilung. Unter der Netzteilabdeckung, auf der sich ein zusätzlicher Montageplatz für einen 120-mm-Lüfter befindet, ist ein Käfig für zwei 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerke untergebracht. Weitere Montagemöglichkeiten für drei 3,5-Zoll-HDDs sind auf der Rückseite der Mainboardhalterung positioniert. Eine spezielle Halterung oder Entkopplung für die Festplatten fehlt. Dafür verfügt das Gaming 993B über einen halboffenen Deckel mit Staubschutz, in den zwei 120-mm-Lüfter oder ein 240-mm-Radiator passen.

Der nicht ganz geschlossene Deckel macht sich bei der Messung der Kühlleistung und Lüfterlautheit bemerkbar. Einerseits bleibt die CPU mit 62 °C schön kühl (GPU: 73 °C), weil aufgewärmte Luft nach oben steigt und abziehen kann. Auf der anderen Seite dringt mit 1,6/1,7 Sone Lautheit leicht überdurchschnittlich viel Geräusch aus dem Gaming 993B Covertaker.

Thermaltake View 71 TG:
Glaspalast mit Sonderausstattung

Wer nach einem auffälligen und äußerst geräumigen Heim für seine Hardware sucht, der wird bei Thermaltake fündig.

Mit vier Abdeckungen aus gehärtetem Glas, von denen die beiden seitlichen mit Schwingtürscharnieren ausgestattet sind, erlaubt Thermaltakes View 71 TG großzügige Einblicke ins Innere und macht gleichzeitig optisch auf sich aufmerksam.

Im Innenraum mit einem stattlichen Volumen von 93,6 Litern findet man zwei Kombi-Käfige für je zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerke. Wollen Sie beispielsweise eine Grafikkarte mit mehr als 31 Zentimern Länge nutzen, lassen sich die Käfige demontieren (maximale Grafikkartenlänge: 41 cm) – in der Praxis sind derartige Grafikkarten jedoch die absolute Ausnahme. Alternativ sind auf der Rückseite des Mainboard-Trays drei entfernbare Halterungen platziert, an denen wahlweise je eine 3,5-Zoll-HDD oder zwei 2,5-Zoll-HDDs/SSDs angeschraubt werden können. Im geräumigen Inneren findet man eine Halterung und einen Riser für den vertikalen Einbau der Grafikkarte. Das ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn die neue High-End-GPU direkt durch die gläserne Scheibe sichtbar sein soll.

Darüber hinaus eignet sich das Thermaltake View 71 TG bestens für den Einbau einer Wasserkühlung: Die Front und der Deckel lassen sich maximal mit einem 3×140-mm-Radiator bestücken und am Heck und am Boden findet ein 1×140-mm oder 2×120-mm-Wärmetauscher Platz. Zum Lieferumfang gehören zwei blau beleuchtete 140-mm-Lüfter (Front/Heck), die ihren Job mit 1,8 Sone Lautheit hörbar, aber nicht störend erledigen und die CPU mit 69 °C gut und die GPU und den Innenraum mit 68 °C respektive 29 °C gut bis sehr gut kühlen.

Be quiet Dark Base 900 Pro:
Qualität und Leistung haben ihren Preis

Der PCGH-Gesamtsieger nach Noten: Volle Flexibilität, Top-Ausstattung und leise Kühlung lassen keine Wünsche offen.

Be quiets amtierendes Gehäuseflaggschiff ist das beste Beispiel dafür, dass die Unterschiede zwischen Midi- und Big Tower immer geringer werden. Hinsichtlich der Ausmaße und des Volumens ist das mit einem Seitenteil aus Glas bestückte Dark Base 900 Pro eher ein Big Tower und auch die Ausstattung spielt in dieser Liga. So verfügt das Gehäuse unter anderem über eine Lüftersteuerung, die per PWM-Signal von der Platine oder manuell stufenlos regelbar ist, ein Qi-Ladegerät, einen Mainboard-Tray, der ausgebaut und invertiert werden kann, eine RGB-Beleuchtung sowie eine Dämmung in der Tür und den Seitenteilen. Dazu kommen viele Montagemöglichkeiten für zusätzliche Lüfter sowie Radiatoren: Ein 240-/280-/360-/420-mm-Radiator passt in die Front, ein 120/140-mm-Wärmetauscher lässt sich im Heck anbringen und der Deckel nimmt Radiatoren mit 120/140/240/280/360/420 mm Größe auf (maximale Höhe 65 mm).

Die Flexibilität, welche Be quiet Nutzern an die Hand gibt, beeindruckt. Die Laufwerkshalterungen, an denen sogar zwei 2,5-Zoll-SSDs anstelle einer 3,5-Zoll-HDD montiert werden können, sind einzeln entfernbar. Selbst der 5,25-Zoll-Käfig lässt sich für eine Lüfterhalterung ausbauen – der Staubschutz deckt jedoch den dritten Frontlüfter nicht ab. Die Kombination aus den Dämmmatten an der hinteren Wand und der Tür sowie dem vorderen Seitenteil aus Glas erfüllt ihre Aufgabe souverän: Lediglich 1,0/0,8 Sone dringen an Lautheit aus dem Big Tower. Des Weiteren liefern die drei Silent-Wings-3-Lüfter mit Messwerten von 65 °C (CPU), 69 °C (GPU) und 37 °C (Innenraum) eine sehr gute Kühlleistung ab.

Sharkoon TG5 RGB:
Der Preis-Leistungs-Spitzenreiter

Sharkoon beweist, dass Gutes nicht teuer sein muss – diese Ausstattung, Kühlung und Beleuchtung gibt's schon ab 80 Euro.

Vorweg: Die Ausstattung des Sharkoon TG5 RGB kann nicht vollends mit den teureren Gehäusen mithalten. Die Extras des mit einer gläsernen Front und einem Seitenteil verzierten TG5 RGB können sich aber gerade in Anbetracht des günstigen Preises sehen lassen. Neben dem laufwerksfreien Innenraum im Zweikammerdesign ist das wichtigste Feature die RGB-Beleuchtung für die vier 120-mm-Lüfter (3 × Front, 1 × Heck). Ein LED-Strip sowie ein 6-fach RGB-Verteiler gehören ebenfalls zum Lieferumfang. Letzterer ist zu Hauptplatinen mit 12V-R-G-B-Anschluss kompatibel und übernimmt die Steuerung, Synchronisierung und Beleuchtung der Lüfter und Lichtleiste per Software (MSI Mystic Light, Asus Aura, Gigabyte Fusion). Für Platinen ohne passenden Anschluss hat Sharkoon eine manuelle Farbsteuerung auf Lager.

Laufwerke können Sie auf der Rückseite der Mainboardhalterung (2 × 2,5 Zoll), der Oberseite der Netzteilkammer (2 × 2,5 Zoll) oder in den dort verschraubten 3,5/2,5-Zoll-Kombikäfig installieren. Eine Einbaumöglichkeit für zusätzliche Lüfter ist bei der ordentlichen Grundbestückung aber nur noch in dem mit einem magnetischen Staubschutz versehenen Deckel vorhanden. Dort wäre auch Platz für einen 360-mm-Radiator, mit selbigem Wärmetauscher könnten Sie auch die Front bestücken (Heck: max. 120 mm). Bei unserer Testhardware ist das nicht nötig: Wir messen 67 °C für die CPU, 73 °C für die GPU und 42 °C für den Innenraum. Erfreulicherweise gehen die drei Propeller mit 1,1/1,3 Sone leise zu Werke. Das zeigt, dass die Glaselemente nicht nur für Lüfter- und Hardware-Präsentationszwecke konzipiert sind, sondern auch eine dämmende Funktion haben.

Monitore (LCDs)

Grafikkarten werden immer leistungsfähiger, Spielegrafik realistischer – doch nur mit dem richtigen Bildschirm können Sie von beidem profitieren. Wir stellen Ihnen attraktive Modelle vor.

Wie bei nahezu allen PC-Komponenten gibt es auch unter Monitoren ausgewiesene Gaming-Modelle. Gleich vorneweg: Das heißt nicht, dass diese für jeden PC-Gamer geeignet sind oder dass es andere Monitore nicht sind. Je nach Spielegenre unterscheiden sich auch die Ansprüche an das Display. Wer etwa schnelle Multiplayer-Shooter zockt, benötigt einen Monitor mit möglichst geringer Verzögerung zwischen Maus- und Cursorbewegung, dem sogenannten Input Lag. Technisch bedingt braucht ein Monitor einige Millisekunden, bis das Bild von der Grafikkarte auch an der Mattscheibe angezeigt wird. Der Hersteller gibt im Datenblatt des Monitors lediglich die sogenannte Reaktionszeit an. Das ist die Dauer, die ein Pixel für einen Farbwechsel benötigt. Und weil sich geringe Werte in Datenblättern schöner machen, lesen wir hier nur etwa 1 bis 5 ms. Vorsicht! Das ist nur die minimale Reaktionszeit bei einem Wechsel von Hellgrau nach Dunkelgrau. In diesem Fall müssen sich die Flüssigkristalle nur wenig drehen. Andere Farbwechsel haben andere, teils weitaus höhere Reaktionszeiten. Diese Datenblattangabe ist daher nur ein grobes Indiz für die Reaktionszeit des Monitors, die immer nur ein Teil des gesamten Input Lags ist. Außerdem nützt die beste Reaktionszeit nichts, wenn ein Monitor mit einer standardmäßigen Bildwiederholrate von 60 Hz nur alle 16 ms ein anderes Bild liefert. Bei 144 Hz schaut er alle 7 ms nach, ob die Grafikkarte ein neues Bild berechnet hat. Die Bildfrequenz sollte schon gut dreistellig sein, wenn der Monitor für schnelle Shooter angeschafft wird. Die größtmögliche Auflösung wäre hier WQHD, UHD ist noch immer auf 60 Hz limitiert.

UHD mit 144 Hz kommt

Aber nicht mehr lange. Im Januar 2017 wurden die ersten Panels mit UHD-Auflösung und 144 Hz angekündigt. Jetzt sollen sie endlich auf den Markt kommen. Lohnt es sich deswegen, noch etwas zu warten? Ein klares Nein. Im Gegensatz zum Release-Termin ist eines sicher, nämlich dass sie sündhaft teuer sein werden – sie sind aktuell schon im Preisvergleich aufgelistet mit Preisen zwischen 2.000 und 3.000 Euro. Die meisten Gamer dürften ihr Interesse schon hier ablegen. Ein weiteres Argument dagegen wäre auch die Leistung aktueller Grafikkarten: Selbst mit einer GTX 1080 Ti sind dreistellige Frameraten in UHD nicht selbstverständlich und ob Nvidia noch dieses Jahr mit einer aktuellen GPU-Generation um die Ecke kommt, darf bezweifelt werden. Greifen Sie daher ruhig noch zu einem aktuell verfügbaren Monitor, der zur Leistung Ihrer Grafikkarte und zu Ihren Anwendungsansprüchen passt. Kurz gesagt: Für Multiplayer-Shooter lohnen sich 240 Hz. Stehen Sie auf Bildqualität, wäre die UHD-Auflösung oder das Ultrawide-Format etwas für Sie. Die Allzweckwaffe und unserer Meinung nach die goldene Mitte wäre ein WQHD-Monitor mit 27 Zoll und 144 Hz. *(mc)*

Full HD: Für Einsteiger, aber auch E-Sportler

Dell Alienware AW2518H(F)

Wer baut aktuell die besten 240-Hz-Monitore? Laut unserer Testnote sind das die beiden Alienware-Modelle, die sich nicht nur qualitativ behaupten können, sondern nahezu konkurrenzlos günstig in der Hochfrequenznische sind.

Bei den beiden 24,5-Zöllern handelt es sich einmal um die G-Sync- und einmal um die Freesync-Version (mit „F" hinten am Namen). Beide sind äußerlich absolut identisch. Abgesehen davon, dass die dynamische Bildrate mit dem einen Modell nur mit einer Nvidia- und mit dem anderen nur mit einer AMD-GPU funktioniert, beginnt das Intervall beim G-Sync-Modell schon bei 30 Hz, beim Freesync-Gerät erst bei 48 Hz, jedoch mit LFC. Beide TN-Panels lösen mit Full HD auf – wie übrigens alle 240-Hz-Monitore. Aktuell existiert noch kein entsprechendes 240-Hz-Panel mit einer höheren Auflösung. Mit durchschnittlich 2,3 (AW2518H) bzw. 2,7 Millisekunden (AW2518HF) können die beiden Monitore hervorragend kurze Zeiten vorweisen. Beide Monitore verfügen über ein standardmäßig aktives Overdrive, was für die niedrigen Reaktionszeiten sorgt. Die Modelle konnten sich an die Spitze setzen, da auch andere Messwerte überzeugten: Die Farbabweichungen mit Delta-E-Werten unter 3 sind überraschend niedrig und das Kontrastverhältnis von circa 1.000:1 ordentlich. Überrascht hat uns auch der relativ niedrige Preis der beiden.

LG 27GK750F-B

Es gibt zwar mehr 24-Zöller mit 240 Hz, einige gute Modelle sind aber auch 27 Zoll groß, wie etwa der 27GK750F-B von LG, der trotz TN-Panel ziemlich blickwinkelstabil ist.

TN-Panels haben zu Unrecht noch immer einen schlechten Ruf. Ihre Farbqualität und auch ihre Blickwinkelstabilität wird immer besser, was nicht zuletzt dieser LG-Monitor beweist. Mittlerweile ist es nicht mehr so einfach, die Paneltechniken mit bloßem Auge zu unterscheiden, indem man einfach im spitzen Winkel schräg aufs Panel schaut. Die Full-HD-Auflösung bietet auf 27 Zoll zwar für verwöhnte Gemüter keine berauschende Pixeldichte (81,6 ppi), dafür handelt es sich aber um ein schnelles TN-Panel mit 240 Hz, Freesync und ziemlich kurzer Reaktionszeit von nur 3,0 Millisekunden im gemessenen Durchschnitt von 20 Farbwechseln. Im Gegensatz zu vielen anderen Freesync-Modellen verfügt der Monitor auch über eine sogenannte Low-Motion-Blur-Technik. Dadurch flimmert das Hintergrundlicht und das Bild wird bei Bewegungen noch schärfer. Der Nachteil von LMB ist das Flimmern, das die Augen schneller ermüden kann. Außerdem funktioniert das nicht zusammen mit aktivem Freesync. Trotz TN-Panel ist die (Stand-)Bildqualität auch recht solide. Wer auf geschmeidige, flüssige Bewegungen in schnellen Spielen, etwa Shooter, steht und die 27 Zoll gegenüber den 24 Zoll bevorzugt, ist mit dem LG bestens bedient.

Samsung C24FG70/C24FG73

In Sachen Preis-Leistungs-Verhältnis gibt es im Segment unter 300 Euro keinen besseren Monitor. Nur Samsung bietet hier ein 144 Hz schnelles VA-Panel.

Konkurrenzlos erscheinen Samsungs Einstiegsmodelle unter den Gaming-Monitoren. Unter 300 Euro gibt es auch andere 24 Zoll große Full-HD-Modelle mit 144 Hz und auch andere mit VA-Panel, nicht jedoch beides zusammen – das hat nur Samsung. Der C24FG70 verfügt über das beste Preis-Leistungs-Verhältnis in dieser Preisklasse. Die Konkurrenz hat hier meist nur TN-Panels mit 6 Bit (& FRC) Farbtiefe zu bieten, was das VA-Panel mit Quantum Dot in Sachen Bildqualität sichtbar toppt. Mit Full HD auf 24 Zoll ist die Pixeldichte noch relativ hoch und mit Freesync bleibt das Bild zusammen mit Radeon-Grafikkarten außerdem rissfrei. Die ominöse eine Millisekunde an Reaktionszeit erreicht Samsung mithilfe einer Low-Motion-Blur-Technik, deswegen funktioniert auch kein Freesync zeitgleich. Da der extravagante Standfuß des FG70 nach hinten recht ausladend ist, hat Samsung mit dem FG73 das gleiche Panel mit konventionellem Standfuß versehen. Meist ist der C24FG70 etwas günstiger zu haben. Wen der ausladende Standfuß nicht stört, der spart noch mal ein paar Euro. Im Gegensatz zu den 240-Hz-Monitoren fällt hier der Kompromiss etwas mehr zugunsten der Bildqualität aus, die FG-Monitore sind damit gute Allrounder.

WQHD: Der zeitgemäße Pixelkompromiss

Asus ROG Swift PG27VQ

Der aktuell beste WQHD-Monitor hat ein TN-Panel. Damit ist der PG27VQ der beste Beweis dafür, dass es qualitativ gute TN-Panels gibt. Er vereint die bislang existierenden Gegensätze einer guten Farbqualität eines IPS-Panels und der schnellen Reaktionszeit eines TN-Panels. Das lässt sich Asus aber auch gut bezahlen.

Mit seinen echten 8 Bit (statt 6 Bit mit FRC) an Farbtiefe und einer ziemlich guten Blickwinkelstabilität ist er selbst für das geübte Redakteursauge auf den ersten Blick nicht von IPS-Panels zu unterscheiden. Die Farbraumabdeckung mag zwar nicht ganz so hoch sein wie bei IPS, sie ist jedoch für Privatanwender und erst recht Gamer irrelevant, denn subjektiv ist die Bildqualität sehr gut – auch in Bewegungen. Wir messen im Schnitt 2,3 ms, damit gehört er zu den schnellsten Monitoren auf dem Markt mit nahezu keinen Schlieren. Dementsprechend ist die ULMB-Funktion, über die jeder G-Sync-Monitor verfügt, hier eigentlich auch überflüssig. Mit dem Testufo sind zwar Unterschiede ersichtlich, in der Praxis (sprich: in Spielen) sind sie jedoch kaum wahrnehmbar. Es lohnt sich in diesem Fall also nicht, von 144 Hz auf 120 Hz herunterzuschrauben oder gar G-Sync dafür zu deaktivieren. Ein kleines Manko ist die etwas hohe Minimalhelligkeit von 135 cd/m², wodurch der Bildschirm in den Abendstunden und in dunklen Räumen viel zu hell sein kann.

MSI Optix MPG27CQ

Während andere Hersteller ihre Monitore immer hochauflösender, hochfrequenter und damit auch immer teurer machen, scheint MSI verstanden zu haben, dass einen guten Monitor mehr als nur ein gutes Panel ausmacht.

WQHD mit 144 Hz ist aktuell der bestmögliche Kompromiss aus hoher Auflösung mit hoher Bildwiederholrate. Doch das eigentliche Killer-Feature des neuen MSI-Monitors ist unserer Ansicht nach die Software-Steuerung. Man muss sich nicht mehr umständlich per Tasten durch das Menü klicken, nein, das geht nun einfach per Maus am Desktop. Noch besser: Die Profile können mit Exe-Dateien verknüpft werden, wie man es von Peripherie-Apps her kennt. Damit ist MSI aktuell neben den Freesync-Modellen von Asus alleine auf dem Markt. Exklusiv jedoch ist die RGB-Leiste am unteren Rand vorne, die zugegeben Geschmacksache ist, aber per App individuell programmiert und ebenso deaktiviert werden kann. Beim MPG27CQ aber messen wir einen ziemlich niedrigen Schwarzwert und kommen auf den hervorragenden Kontrast von ca. 2.800:1. Die Maximalhelligkeit von 435 cd/m² ist fast schon terrassentauglich – in der Praxis werden in etwa nur 150 cd/m² benötigt. Eine kleine Schwäche hat der Monitor im zu hohen Overdrive, das sichtbares Ghosting hinterlässt. MSI verpasst hier den „sweet spot" aus niedrigen Schlieren und Ghosting. Mit den netten Gimmicks aber geht der Straßenpreis in Ordnung.

AOC Agon AG271QG

Wer gleichzeitig möglichst wenig Kompromisse eingehen und auch noch möglichst wenig zahlen möchte, greift zum AG271QG mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis.

Zu einem schnellen Rechner gehört ein guter Monitor – keine Frage. Daher sollten Sie hier auch keine faulen Kompromisse eingehen, wenn Sie WQHD und 144 Hz haben möchten. Andere IPS-Modelle mit 144 Hz und G-Sync sind deutlich teurer und die günstigeren TN-Modelle mit gleicher Auflösung und Bildwiederholrate kommen wegen 6 Bit mit FRC an die Bildqualität nicht heran. Mit einer noch immer sehr guten Bildqualität und einem vergleichsweise günstigen Preis für ein G-Sync-Gerät ist der Agon AG271QG aktuell der Güldenste unserer „goldenen WQHD-Mitte". Mit gemessenen 5,0 Millisekunden ist die Reaktionszeit trotz IPS-Panel auch relativ schnell und entspricht damit dem Datenblattwert, der immer nur den schnellsten Grauwechsel angibt. Manch anderes IPS-Modell mit derselben Angabe hat im Durchschnitt tatsächlich gut und gerne eine doppelt so hohe Reaktionszeit. Außerdem variiert sie in allen 20 gemessenen Farbwechseln nur zwischen 4,5 und 5,4 Millisekunden – also kaum. Auch in den anderen Messwerten weist der Monitor keine Schwächen auf. Der maximale Kontrast von 1.185:1 ist für ein IPS-Panel ordentlich sowie der Input Lag mit nur 12,1 ms und die Farbabweichungen mit einem Delta-E-Wert von nur 3,1 angenehm niedrig.

Ultra HD: Wenn nur die hohe Auflösung zählt

Eizo EV2785-BK

Der 27-Zöller von Eizo ist natürlich kein Zocker-Panel. Mit seiner hohen UHD-Auflösung und Präzision ist er für den professionellen Einsatz gedacht.

Die UHD-Auflösung von 3.840 × 2.160 Pixeln auf nur 27 Zoll ist wegen des feinen Bildes ein Augenschmaus. Das Panel verfügt über die Pixeldichte von 163 ppi, was fast doppelt so hoch ist wie Full HD auf 24 Zoll. Die hohe Auflösung ist jedoch auf 60 Hz beschränkt. UHD-Monitore mit 144 Hz sollen dieses Jahr kommen, werden aber dann, wenn sie da sind, gut das Doppelte des Eizo-Monitors kosten. Außerdem ist Gaming selbst mit 60 Hz nicht unbedingt unmöglich. Wer nicht gerade kompetitiv oder nur genügsame Strategiespiele und Single-Player-Titel spielt, kommt damit ebenso klar und erfreut sich statt an einer hohen Bildrate an der dafür feineren Auflösung. Dennoch ist ein vierstelliger Straßenpreis ziemlich hoch für einen UHD-Monitor mit IPS-Panel und ohne andere Killer-Features, wie etwa HDR. Obwohl der Monitor scheinbar wenig kann, kann er das dafür ziemlich gut – in gewohnter Eizo-Qualität eben. Wir messen einen guten Kontrast von 1.135:1 sowie eine hervorragende Farbtreue mit einem Delta-E-Wert von nur 1,3. Bildbearbeitung und Videoschnitt stehen hier im Fokus. Nur zum Spielen wäre der Monitor auch zu teuer. Außerdem ist die relativ lange Garantie von fünf Jahren auch nicht zu verachten. Die meisten Monitore kommen nur mit drei Jahren.

LG 32UD99-W

Der erste HDR-Monitor auf dem Markt ist nicht für Gamer gedacht. Die HDR10-Unterstützung mit einer Spitzenhelligkeit bis 500 cd/m² soll professionelle Grafiker ansprechen. Trotzdem bietet er Freesync, wohl weil es nichts zusätzlich kostet.

Der 31,5 Zoll große UHD-Monitor wirbt mit besonders hohen Farbraumabdeckungen und Hardware-Kalibrierung, die für Bildbearbeitung und Videoschnitt benötigt werden. So wird sRGB vollständig und der AdobeRGB-Raum bis zu 87 Prozent abgedeckt. Der für Videos relevante Farbraum DCI-P3 soll bis 95 Prozent dargestellt werden können, was den Monitor zusammen mit HDR10-Unterstützung für die Videobearbeitung umso interessanter macht. Im Gegensatz zum Eizo-Monitor, der oben vorgestellt ist, hält LG den 32UD99-W nicht für einen reinen Profi-Monitor, sondern möchte ihn als Allrounder vermarkten. Wohl deswegen ist auch Freesync mit an Bord, wenn auch nur mit der recht kurzen Spanne von 40 bis 60 Hz. Es bräuchte ohnehin in vielen aktuellen Spielen eine potente Radeon Vega, um in Ultra-HD-Auflösung an der oberen Freesync-Grenze zu kratzen. Mit durchschnittlich 9,5 Millisekunden ist die von uns gemessene Reaktionszeit zwar im Vergleich zu IPS-Panels in 144-Hz-Monitoren relativ hoch, die Schlieren halten sich aber noch in Grenzen. Außerdem kann der Monitor mit nur 10,1 ms einen geringen Input Lag vorweisen. Ebenso gefällt uns der für IPS sensationelle Kontrast von 1.486:1.

Viewsonic VX4380-4K

Was unterscheidet einen riesigen Monitor noch von einem TV? Der fehlende Tuner, ein höherer Input Lag beim TV, zahlreiche andere Kleinigkeiten und nicht zuletzt der Preis.

Mit seinen 43-Zoll-Dimensionen ist der VX4380-4K kein klassisches Schreibtischmodell. Trotzdem ist er nicht nur ein Gerät für Börsenmakler. Mit seiner UHD-Auflösung entspricht die Größe und auch Pixeldichte des Bildschirms in etwa der von vier Full-HD-Displays auf 24 Zoll. Diese verfügbare Fläche ist ein Traum für Excel-Helden. Gaming ist hier trotz der nur 60 Hz auch nicht unmöglich. Der Input Lag ist mit nur 10,2 ms zwar angenehm niedrig, die Reaktionszeiten mit mittlerem Overdrive aber mit 14,4 ms im Schnitt ziemlich lahm. Das Bild schliert in Bewegungen also deutlich sichtbar. Mit einer Farbtiefe von echten 10 Bit hat der Monitor eher im Standbild und in der Ausstattung seine Stärken: Zum einen stehen insgesamt vier Bildeingänge zur Verfügung, zum anderen hat Viewsonic an Details wie USB-Hub, Kopfhörerhalter oder DP-Out-Buchse (Daisy Chain) nicht gespart. Auch mehrere Anzeigemodi sind bei dieser Größe Pflicht, wie etwa Bild-in-Bild oder Bild-neben-Bild für die Darstellung mehrerer Anzeigequellen gleichzeitig.

Ultrawide: Das breite Panorama-Format

AOC Agon AG352UCG

Ultrabreit, hochauflösend und schnell: Die Agon-Serie von AOC besticht durch ihre Vielfalt. Daher finden wir hier auch einen Ultrawide-Monitor, der einen bestmöglichen Kompromiss für Spieler bieten möchte.

ab ca. € 750,-

Oftmals findet man unter den Ultrawide-Monitoren nur entweder eine hohe Auflösung oder eine hohe Bildwiederholrate. Der AG352UCQ bietet 1440p mit 100 Hz und G-Sync auf 35 Zoll im 21:9-Format. Die 2000R-Krümmung fällt moderat aus. Im Test gefällt der niedrige Schwarzwert und der dadurch bedingte hohe Kontrast des VA-Panels von fast 2.000:1 – IPS und TN schaffen hier nur die Hälfte. Der gute Kontrast sorgt für knackige Farben und für eine subjektiv bessere Bildqualität. Außerdem haben uns die recht geringe (von uns gemessene, durchschnittliche) Reaktionszeit von nur 3,2 Millisekunden sowie die gute Farbtreue ab Werk gefallen. Mit rund 750 Euro ist der gute Kompromiss aus „schnell" und „schön" nicht gerade günstig. Aber ein derartiger Monitor ist schließlich eine Investition über mehrere GPU-Generationen hinweg. Mittlerweile gibt es das Modell auch als „Black Edition" ganz in schwarz, welche aber mit knapp 1.000 Euro deutlich teurer ist.

Acer Predator XR342CK

ab ca. € 940,-

Als „HDR ready" bezeichnet Acer einige hochpreisige Monitore. Bringt das „bisschen HDR" auch ein sichtbar besseres Bild?

Der Ultrawide-Monitor bietet insgesamt eine rundum solide Ausstattung und Qualität, so wie wir es von einem relativ teuren Modell auch erwartet haben: Mit einer 1440p-Auflösung im 21:9-Format bietet er auf der Diagonalen von 34 Zoll eine noch immer gute Pixeldichte über 110 ppi. Mit der knappen Freesync-Reichweite zwischen 48 und 75 Hz ist er nichts für schnelle Multiplayer-Shooter – er überzeugt vielmehr mit der Bildqualität. Der angegebene Kontrast über 1.000:1 wird in unserer Messung leicht übertroffen, die Farbabweichung ab Werk ist mit einem Delta-E-Wert von 2,9 erfreulich niedrig und die Ausleuchtung mit Differenzen von nur sieben Prozent auch ziemlich gleichmäßig. Das qualifiziert den XR342CK auch für ambitionierte Grafikarbeiten, Video- oder Bildbearbeitung. Der gemessene Input Lag ist mit 10,4 ms zwar relativ niedrig, mit HDR erhöht sich die Latenz aber spürbar leicht – wie bei jedem HDR-Monitor ohne Sync. Leider können wir sie mit HDR nicht messen. Auch die Darstellung spricht gegen „Acer HDR ready": Der Monitor verfügt zwar über Quasi-10-Bit-Farben, für ein deutlich besseres Bild fehlen aber eine höhere Leuchtdichte oder Funktionen wie ein lokal dimmbares Hintergrundlicht.

Samsung C49HG90

Ihnen kann es nicht breit genug sein? Der C49HG90 bietet als einziges Modell das 32:9-Format und verfügt damit genau über die Fläche zweier Monitore in Full HD auf 27 Zoll.

ab ca. € 975,-

Auf 49 Zoll verfügt der Monitor über die UHD-Auflösung in der Breite, also 3.840 Pixel, und Full-HD-Auflösung in der Höhe, also 1.080 Pixel. Die 144 Hz sind per Freesync 2 variabel und machen ihn zu einem Gaming-Monitor, der sich etwa gut für immersive Rennspiele oder Ähnliches eignet. Freesync 2 ist noch immer Samsung-exklusiv und bedeutet hier eine HDR-Qualität nach der Zertifiziertung Display HDR 600 – die mittlere Stufe mit bis zu 600 cd/m² also. QLED nennt Samsung seine VA-Panels mit Quantum-Dot-Schicht, deren Bildqualität sich in allen aktuellen Modellen, so auch im HG90 sehen lassen kann: Ein Kontrast von fast 3.000:1, eine brillante Farbtreue mit einem Delta-E-Wert von nur 1,3 sowie geringe Abweichungen von nur acht Prozent sprechen für sich. Anfang des Jahres kam der Monitor für sündhaft teure 1.500 Euro auf den Markt, mittlerweile ist er aber um gut ein Drittel gefallen. Sicherlich ist dieses Format nichts für jedermann, nicht jedes Spiel unterstützt die exotische Auflösung. Uns gefällt aber die Experimentierfreudigkeit Samsungs.

Display-Exoten und -Alternativen

LG OLED55B6D

OLED-Bildschirme sind in der Bildqualität den LCDs der Monitore klar überlegen. Der beeindruckende Kontrast kommt auch ohne HDR gut zur Geltung. OLED hat aber andere Nachteile.

OLED hat die Eigenschaft der selbstleuchtenden Pixel. Das Panel benötigt daher kein Hintergrundlicht, wodurch absolutes Schwarz dargestellt werden kann. Bildqualität ist aber nicht alles und abgesehen vom saftigen Preis (verglichen mit einem Monitor) sind die Panels auch nicht fürs Marathonzocken ausgelegt. OLED-Panels haben generell eine geringere Lebensdauer mit der Gefahr des Einbrennens, weswegen es auch noch keine OLED-Monitore gibt. Wer täglich stundenlang Spiele mit Statusleisten an der immer gleichen Position spielt, sollte es lieber am Monitor tun. Noch ein Nachteil ist der generell höhere Input Lag bei TVs. Der ist hier mit 27,8 ms nicht kritisch hoch, wächst aber mit aktivem HDR spürbar an. Außerdem ist ein OLED-TV trotz rasend schneller Reaktionszeit von 0,1 ms nicht hundertprozentig frei von Schlieren.

Optoma UHD550X

Zocken auf der Leinwand? Auch das ist grundsätzlich möglich. UHD-Beamer gibt es schon in bezahlbaren Regionen, wenn auch die Auflösung nicht nativ ist.

Mit fast 8 kg und einer Breite von 50 cm ist er kein Modell, das man schnell woanders hinstellen möchte, sondern besser fest installiert. Trotz der guten Leuchtkraft von 2.800 Lumen messen wir im Standardmodus eine relativ geringe Maximalhelligkeit an der Wand – der Unterschied etwa zum helleren Viewsonic-Beamer fällt aber subjektiv kaum auf. Es ist vielmehr das Kontrastverhältnis, das die Bildqualität beeinflusst, und dieses ist bei allen von uns getesteten Modellen ähnlich. Wie auch der Viewsonic- kann der Optoma-Beamer eine UHD-Auflösung darstellen – die native Auflösung ist hier jedoch höher als beim Viewsonic. Ob das der Grund ist, warum uns hier die Bildqualität einen Hauch besser gefällt, ist schwer zu sagen. Ebenso angetan waren wir vom leisen Betrieb des großen Beamers, der mit 0,8 Sone selbst im standardmäßigen UHD-Betrieb arbeitet. Als einziger Beamer hat er Lens Shift, was mehr Flexibilität beim Aufstellen bringt. Der Input Lag am HDMI-Eingang ist mit 54 Millisekunden relativ hoch und auch spürbar, dadurch ist der Beamer aber noch nicht unspielbar.

Viewsonic PX747-4K

Viewsonic hat aktuell die günstigsten Beamer im Angebot, die eine Ultra-HD-Auflösung darstellen können. Trotz seines relativ günstigen Preises zeichnet er sich durch eine gute Leuchtstärke aus.

Für nur 1.100 Euro bietet Viewsonic einen Beamer mit UHD-Auflösung an. Der kalifornische Hersteller dürfte mit diesem Kampfpreis den Markt aufmischen, da Beamer mit 4K/UHD vor nicht allzu langer Zeit noch mehrere Tausend Euro gekostet haben. Viewsonic übertrumpft damit den bisherigen Preisbrecher von Optoma, der letztes Jahr die 4K-Liga erstmals erschwinglich gemacht hat. Das Schwestermodell Viewsonic PX727-4K verfügt über eine etwas schwächere Lampe, ist am Markt aber zurzeit sogar etwas teurer als das hier getestete aktuelle Modell. Daher sollten Sie darauf achten, den 747 zu ergattern. Mit 3.500 Lumen ist er ein Beamer mit einer guten Lichtstärke, nicht aber unbedingt mit dem besten Kontrast. Deswegen ist bei derart (relativ) günstigen Beamern die HDR-Darstellung nicht so spektakulär wie auf einem guten TV.

! Alle Arbeiten geschehen auf eigene Gefahr.

PC-Zusammenbau

Schritt für Schritt zum Traum-Rechner: Wir erklären anhand von zwei Beispielen – einmal mit AMD Ryzen und einmal mit Intel Core – den Zusammenbau eines Computers.

Die Auswahl der richtigen Teile ist nur die halbe Miete. Wenn Sie den Zusammenbau des selbst zusammengestellten Computers nicht vom Händler Ihrer Wahl durchführen lassen möchten, haben Sie die anspruchsvollste Aufgabe noch vor sich. Doch keine Sorge, Hilfe naht: In diesem Artikel demonstrieren wir anhand von zwei Beispielkonfigurationen, wie Sie die Teile clever und schadenfrei verkuppeln.

Umgang mit Hardware

Für all diejenigen, die noch nie Hardware in der Hand hatten, hier eine kleine Entwarnung: Elektronik wird in erstaunlich robusten Formaten ausgeliefert, großflächige mechanische Schäden sind nur selten und nach großer Krafteinwirkung zu beobachten. Vorsicht ist aber bei Werkzeugeinsatz und der Bewegung großer Objekte in der Nähe von Platinen geboten, denn Kratzer können Leiterbahnen unterbrechen und viele kleine aufgelötete Bauteile reagieren empfindlich auf seitliche Krafteinwirkung – abrutschende Schraubendreher sind tödlich für Hardware!

Ebenfalls empfindlich sind offen liegende Kontakte. Pins (die kleinen „Beinchen“ aus Gold) aktueller AMD-Prozessoren beziehungsweise die Kontaktfedern im Sockel von Intel-CPUs verbiegen schnell und lassen sich nur mit viel Fingerspitzengefühl wieder richten. Aber auch robuste Kontakte an Platinen sollte man nach Möglichkeit nicht direkt anfassen, denn statische Entladungen können die angebundenen Chips beschädigen. Der erste Schritt vor PC-Bastelarbeiten sollte deswegen nicht nur eine Trennung der Hardware vom Stromnetz sein, sondern auch eine Erdung der eigenen Person beispielsweise an einem blanken Heizungsrohr. Aus dem gleichen Grund wird Hardware übrigens in antistatischen Tüten geliefert, deren metallische Beschichtung enthaltene Komponenten vor etwaigen Entladungen schützt. Dieses leitfähige Material sollte nicht als Unterlage für Testaufbauten genutzt werden!

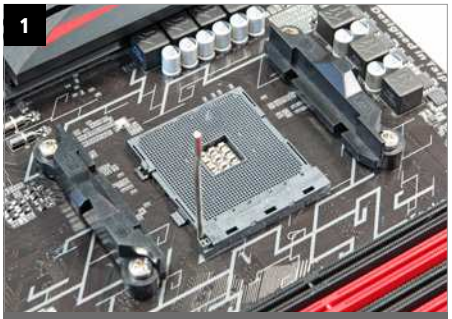
Das richtige Werkzeug

Strom, statische Ladung und brachiale Gewalt sind beim PC-Zusammenbau also zu vermeiden. Sehr nützlich ist dagegen ein Kreuzschlitz-Schraubendreher mittlerer Größe, ein PH2 passt zu quasi allen im PC-Bereich üblichen Schrauben. Diese sind mit zwei verschiedenen Gewinden im Einsatz: Das feinere M3-Format ist typisch für 5,25- und 2,5-Zoll-Laufwerke, das gröbere amerikanische UNF 6-32 kommt bei 3,5-Zoll-Laufwerken und meist auch bei Mainboard- und Grafikkartenbefestigungen zum Einsatz.

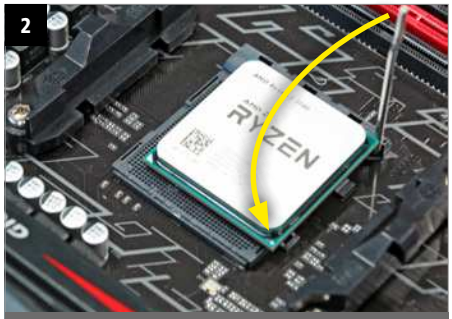
Mit sanfter Gewalt lassen sich M3-Schrauben auch in die etwas größeren UNF-Gewinde drehen. Das Gewinde wird dabei aber beschädigt und die Schraube findet nicht dauerhaft Halt! Ein dritter Typ sind selbstschneidende Grobgewindeschrauben mit etwas größerem Durchmesser, die direkt in den gewindelosen Kunststoff von Lüfterrahmen gedreht werden.

Beispielrechner 1: Mittelklasse-PC (AMD)

Einbau eines AMD-Prozessors mit dem AM4-Sockel



Bei AMDs AM4-Sockel müssen Sie als Erstes den Hebel der Sockelhalterung anheben, …

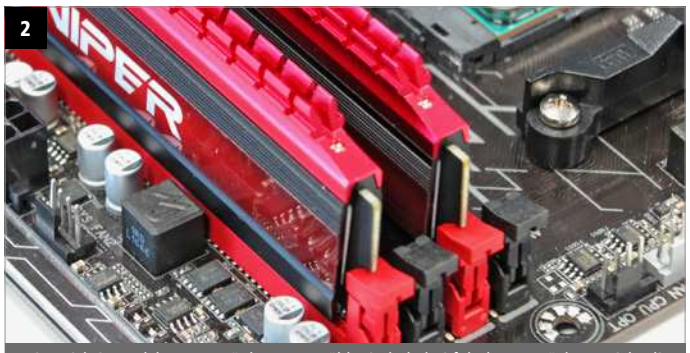


… danach wird die CPU mit dem goldenen Dreieck zum Dreieck auf dem Sockel ins Mainboard eingesetzt.

Das Einsetzen der CPU geschieht ohne jegliche Krafteinwirkung! Lediglich der Hebel muss noch heruntergedrückt werden, bis er einrastet.

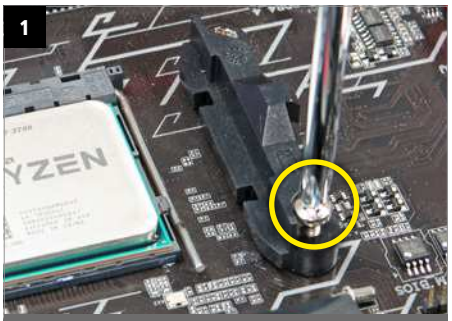
Arbeitsspeicher: Hier müssen Sie auf die Bestückung und die Einkerbungen achten

Beim DDR4-Arbeitsspeicher muss auf die Kerbe geachtet werden, welche sich mittig im Steckplatz befindet, da der Speicher nur in eine Richtung passt.



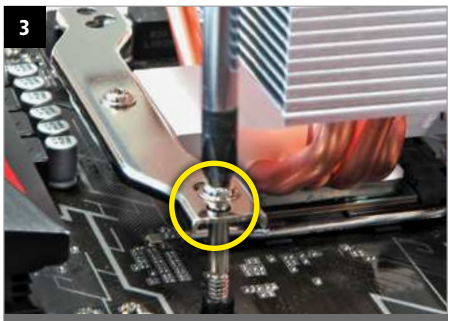
Es ist wichtig, welche RAM-Bänke ausgewählt sind, da bei falscher Bestückung nicht die volle Geschwindigkeit genutzt werden kann. Näheres dazu im Mainboard-Handbuch.

Montage des CPU-Kühlers: Meist der komplizierteste Schritt beim Bau eines PCs (hier ein Arctic Cooling Freezer 33)



Um den Arctic-Kühler montieren zu können, müssen Sie erst das Standard-Montagematerial entfernen (die Backplate bleibt erhalten).

Als Nächstes müssen Sie die Metallhalterungen für den AM4-Sockel am Kühler befestigen. Dies geschieht mit einer Schraube pro Seite.



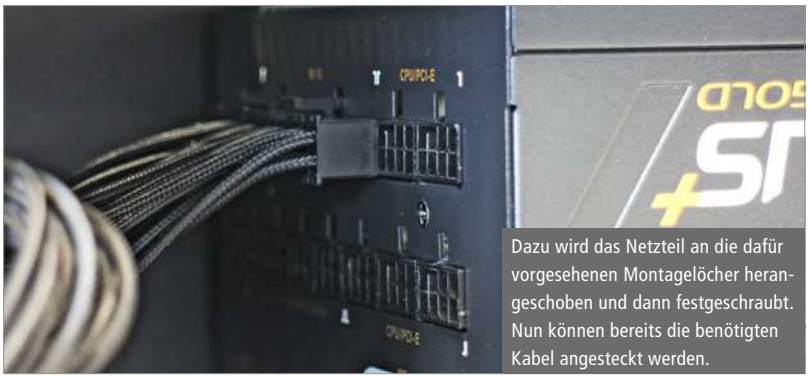
Danach kann der Kühler auf den mit Wärmeleitpaste bestrichenen Prozessor gesetzt und mit den vier langen Schrauben befestigt werden.

Um den Lüfter zu befestigen, müssen Sie die Metallklammern durch die Löcher auf der Ober- und Unterseite des Kühlers führen.

Abschließend müssen Sie die Klammern mit der anderen Seite in die Montagelöcher des Lüfters einführen. Vergessen Sie nicht, Letzteren am Board anzuschließen!

Einbau des Netzteils am Beispiel das Seasonic Focus Plus (PCGH-Edition mit 550 Watt)

Viele Gehäuse, wie auch dieses, besitzen einen Netzteilschacht, bei dem das Netzteil von hinten eingeführt werden muss.



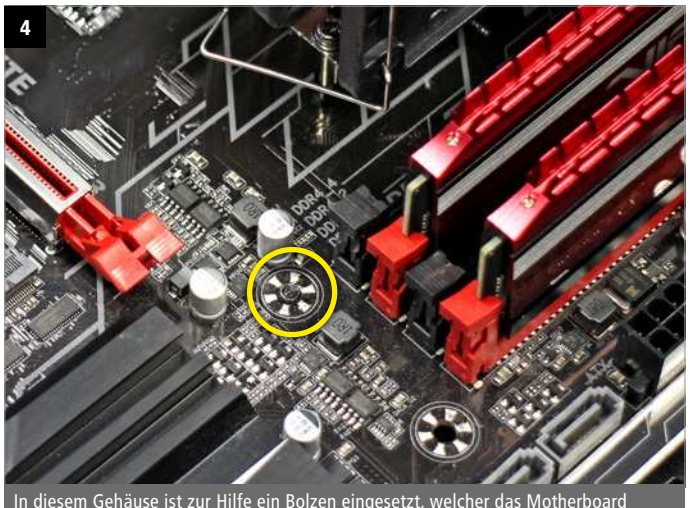
Dazu wird das Netzteil an die dafür vorgesehenen Montagelöcher herangeschoben und dann festgeschraubt. Nun können bereits die benötigten Kabel angesteckt werden.

Mainboardeinbau am Beispiel eines Gigabyte AB350 Gaming 3 (etwas schmaler als „normale" ATX-Hauptplatinen)

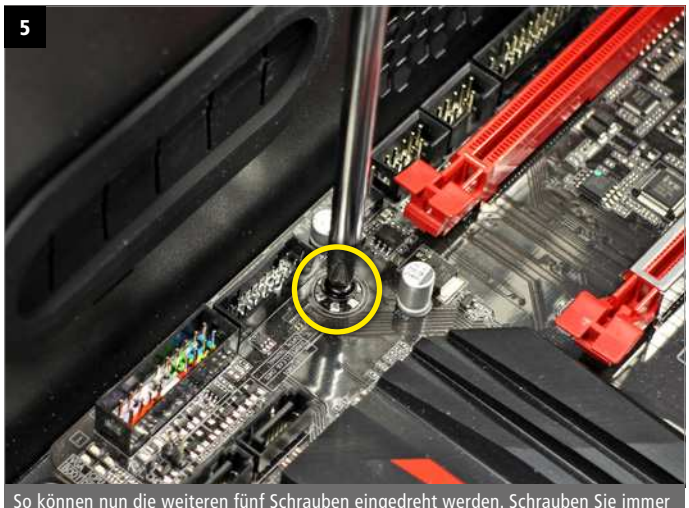
In vielen günstigeren Gehäusen müssen Abstandshalter für Mainboards erst eingeschraubt werden. In unserem Beispiel sind diese aber bereits vorhanden.

Das Blech für die hinteren Anschlüsse muss an den hinteren Ausschnitt geführt und dort passend hineingedrückt werden, bis es einrastet.

Danach kann die Hauptplatine mit den bisher verbauten Komponenten eingesetzt und mit den Abstandshaltern ausgerichtet werden.

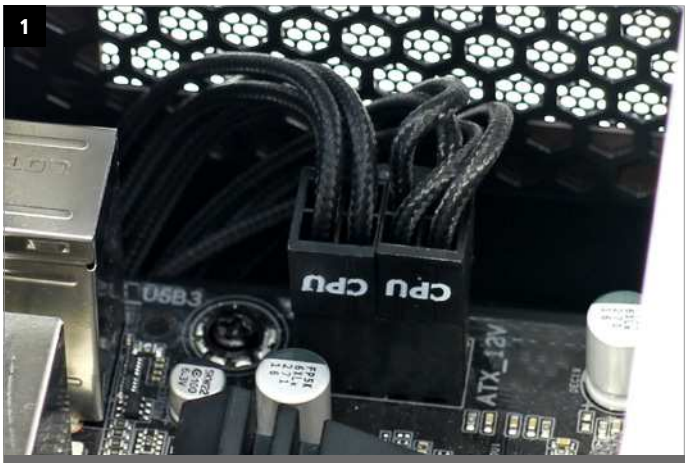


In diesem Gehäuse ist zur Hilfe ein Bolzen eingesetzt, welcher das Motherboard festhält und das Verschrauben erleichtert.



So können nun die weiteren fünf Schrauben eingedreht werden. Schrauben Sie immer über Kreuz, um keine Haarrisse oder Spannungen zu erzeugen.

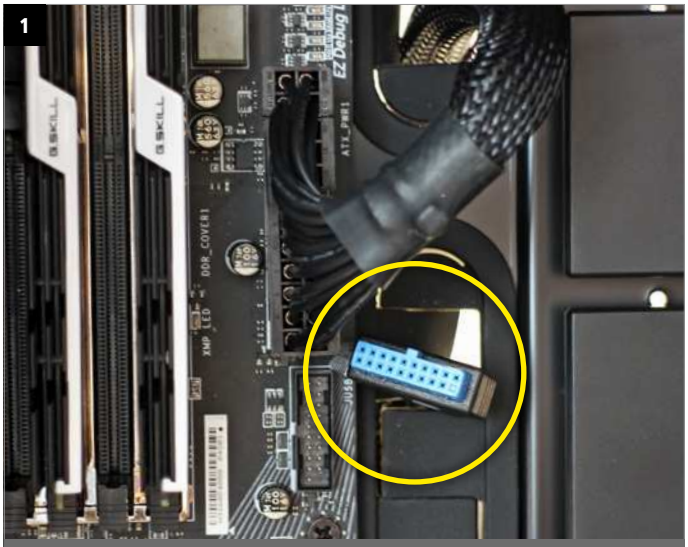
Netzteilverkabelung: Jeder Stecker hat seinen Platz



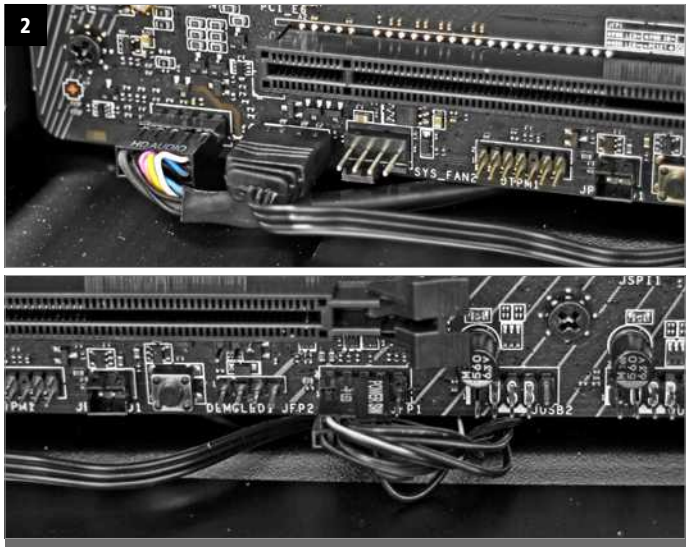
Beim Stromstecker des Prozessors kann es bei manchen Kühlern eng werden. Hier ist Fingerspitzengefühl gefragt. Es sollte außerdem der komplette Stecker belegt werden.

Der 24-Pin-Stecker ist einfacher zu verlegen. Dieser wird durch die nahe liegende Kabeldurchführung gezogen und in der passenden Orientierung eingesteckt.

Verbinden der Anschlüsse vom Gehäuse mit dem Mainboard – bei Unklarheiten kann hier oft das Mainboardhandbuch weiterhelfen



Ebenfalls nur in eine Richtung passt der blaue USB-3.0-Stecker, welcher mit einer Kerbe versehen ist.



Außerdem müssen vom Gehäuse noch das Front-Audio sowie die Tasten angeschlossen werden. Die genaue Belegung steht im Handbuch des Mainboards.

Der Einbau von SSDs wird oft hinter dem Mainboard vorgenommen, um Platz zu sparen

Die SSD wird mit Schlitten, welche mit einer Rändelschraube entfernt werden können, auf der Rückseite des Gehäuses befestigt.

Der Datenträger wird mit vier Schrauben auf der Rückseite befestigt. Hier muss auf die Orientierung der Rändelschraube geachtet werden.

Der Festplatteneinbau funktioniert komplett ohne Werkzeug

Die Festplatte wird lediglich in den Plastik-Halterahmen, welcher vorne zu finden ist, eingeklipst und nicht verschraubt.

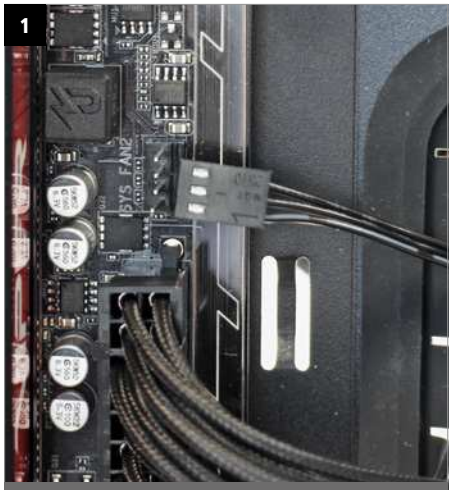
Danach kann der Rahmen wieder in den oberen oder unteren Einschub bis zum Einrasten gedrückt werden.

Anschluss der Festplatten: SSD und HDD benötigen die gleichen Stecker

Um SSD und HDD mit Daten zu versorgen, wird nun sowohl das Strom- als auch das Datenkabel an die Platten angeschlossen.

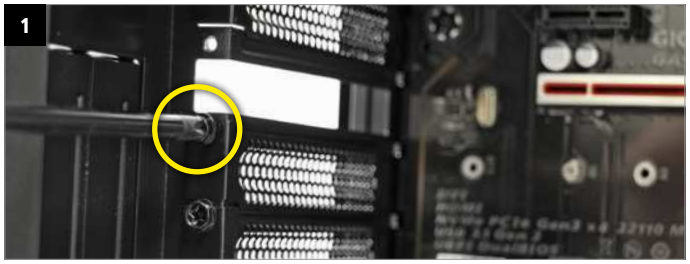
Das Datenkabel muss dann auch jeweils mit den dazu passenden Anschlüssen am Mainboard unten rechts verbunden werden.

Gehäuselüfter

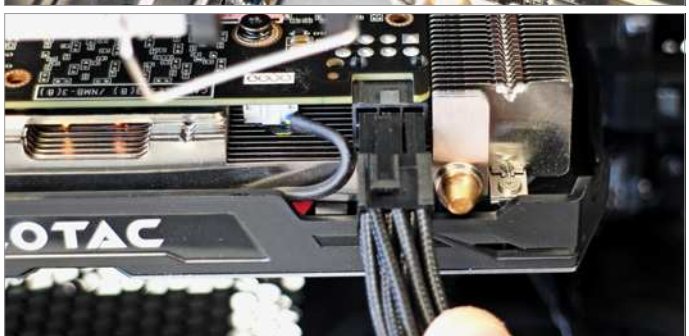


Bei dieser Gelegenheit können auch die beiden Gehäuselüfter an die Hauptplatine angeschlossen werden. Hierfür dienen die 3- und 4-Pin Anschlüsse.

Einbau der Grafikkarte (hier: Zotac Geforce GTX 1060 AMP! 6GB)



Um die Grafikkarte einzusetzen, müssen erst die beiden Schrauben und Bleche am hinteren Ende des Gehäuses entfernt werden. Dann kann die Karte in den ersten Steckplatz gesetzt werden.



Zum Fixieren dieser Erweiterungskarte werden die zuvor gelösten Schrauben wieder eingeschraubt und der Stromstecker der Karte nach vorne geführt und eingesteckt.

thermaltake

PROFESSIONAL LIQUID COOLING PRODUCTS

RIING PLUS

- als 120mm und 140mm
- Besonders leiser Betrieb
- 12 einzeln ansteuerbare LEDs

TOUGHPOWER IRGB PLUS

- mit Titanium-Zertifikat
- patentierter RGB-Riing-Lüfter
- 10 Jahre Garantie

VIEW 71 TG RGB

- 5mm dicke Echtglasscheiben
- Design mit Flügeltüren
- Werkzeuglose Installation

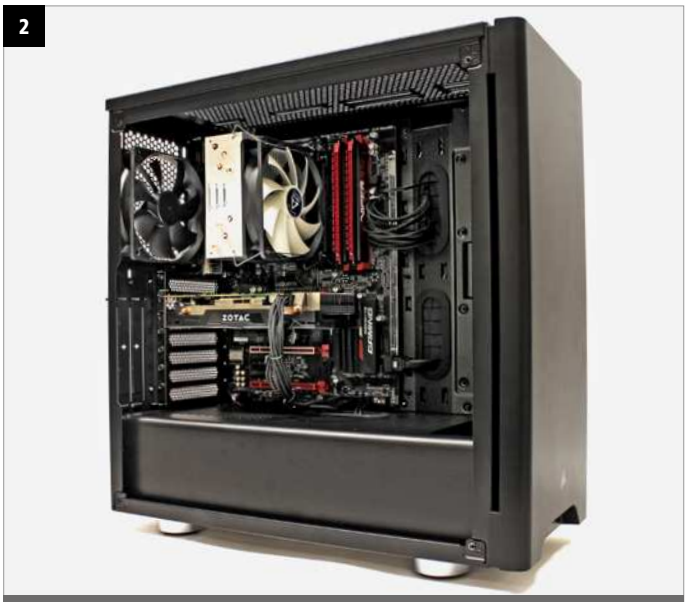
alternate.de • amazon.de • caseking.de • conrad.de • cyberport.de • kmcomputer.de
notebooksbilliger.de • snogard.de • technikdirekt.de • ttpremium.eu

Kabelmanagement

1

Um die Kabel besser zu verlegen, sollten Kabelbinder verwendet werden. Hierdurch können Kabelstränge gebündelt werden …

2



… und es wird eine ordentliche Vorderseite erzielt – was sowohl dem Auge als auch dem Airflow zugutekommt.

Beispielrechner 2: High-End-PC (Intel)

Einbau eines aktuellen Intel-Prozessors mit Sockel 1151: Bei falscher Handhabung besteht die Gefahr von Beschädigungen im Sockel

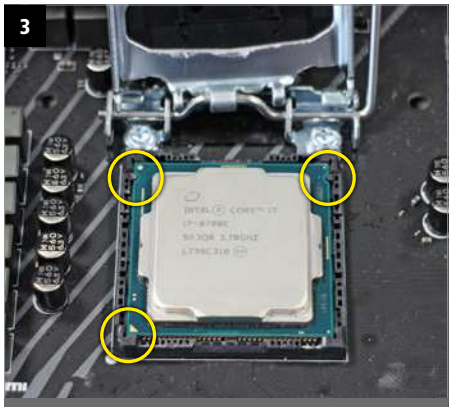
1

Bei Intels LGA 1151 befinden sich die Pins im Sockel. Vorsicht, sie sind besonders empfindlich!

2

Der Sockel wird geöffnet, indem man den Bügel herunterdrückt und nach rechts zieht. Wenn man dann langsam loslässt, öffnet sich der Sockel.

3



Beim Einsetzen der CPU muss sowohl auf die Kerben im obersten Viertel als auch auf die goldene Ecke auf der CPU bzw. dem Mainboard geachtet werden.

4

Die Abdeckung springt automatisch heraus, nachdem man den Sockel schließt. Dies tun Sie, in dem Sie den Bügel herunterdrücken und unter der Halterung fixieren.

5

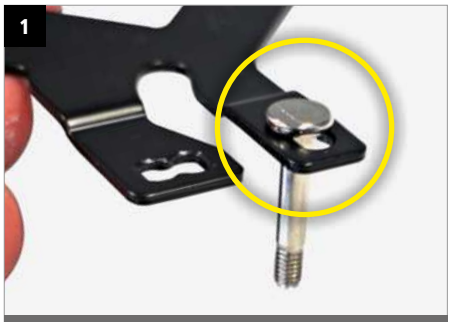
Vor der Kühlermontage (nächste Seite) wird der Prozessor dünn mit Wärmeleitpaste bestrichen, um eine bessere Wärmeübertragung zu gewährleisten.

DDR4-Arbeitsspeicher: Einbau von zwei Modulen für Dual-Channel-Betrieb

Beim Intel-System kann nach dem Prozessoreinbau ebenfalls der Arbeitsspeicher installiert werden. Hierbei muss wieder auf die Kerbe geachtet werden.

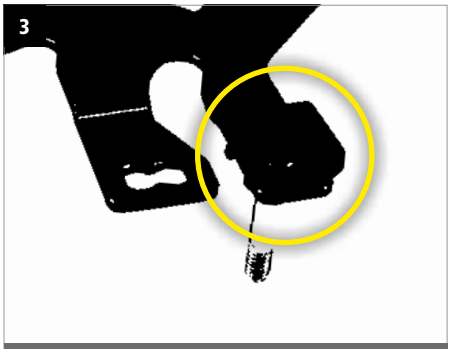
Hier muss für optimale Leistung ebenfalls auf die Positionierung der Module geachtet werden. Genaueres dazu steht im Mainboard-Handbuch.

Einbau am Beispiel des EKL Alpenföhn Brocken 3: Jeder Kühler erfordert eine etwas andere Herangehensweise – hier helfen die beigelegten Anleitungen



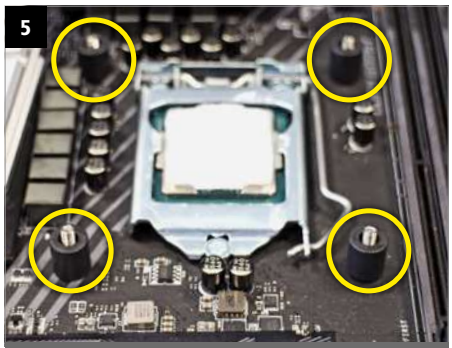
Für den Brocken 3 müssen zunächst die langen Schrauben durch die Backplate gesteckt werden.

Dann müssen die Plastikclips über diese Schrauben gesteckt ...



... und um 90 Grad nach rechts gedreht werden.

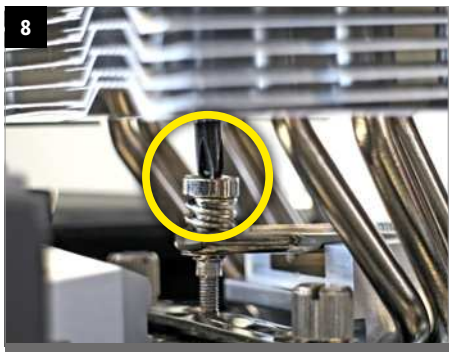
Die Backplate kann dann von hinten durch das Mainboard gesteckt werden.



Von vorne können dann die vier Plastik-Abstandhalter aufgesteckt werden, …

… worauf die zwei Metallhalterungen mit vier Schrauben befestigt werden. Spätestens jetzt sollten Sie Wärmeleitpaste auftragen, falls noch nicht geschehen.

Um an die Schrauben zu kommen, hat EKL einen speziellen Schraubendreher mitgeliefert, …



… mit dessen Hilfe Sie durch den Kühler die mittige Schraube gut erreichen können. Beide Schrauben können abwechselnd festgezogen werden.

Um den Lüfter zu befestigen, werden die dafür geeigneten Klammern erst am Lüfter eingehakt …

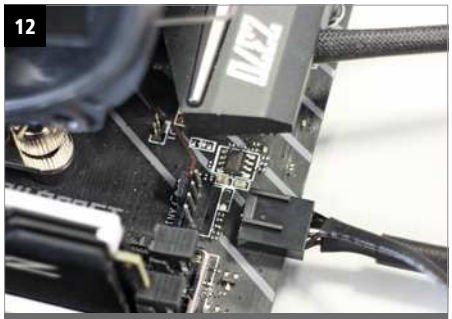
10

… und dann nach hinten über die Lasche in den Lamellen gezogen.

11

Der Brocken 3 ist optimal für hohen Speicher geeignet, da er diesen nur bis zum ersten Slot überragt.

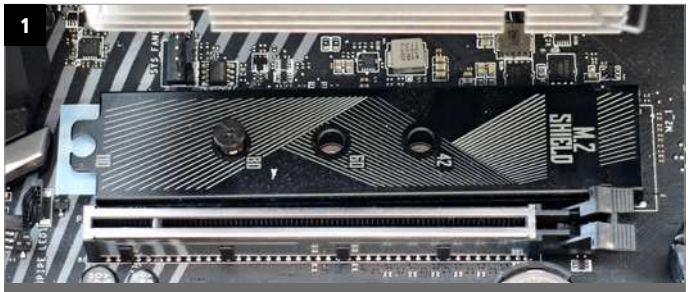
12



Damit sich der Lüfter dreht (wichtig!), muss der Stecker noch mit dem am Mainboard gekennzeichneten „CPU FAN"-Anschluss verbunden werden.

Einbau einer M.2-SSD

1



Für den Einbau der SSD muss die Abdeckung mit der Schraube entfernt werden.

2

Danach kann die Schutzfolie vom Wärmeleitpad abgezogen werden.

3

Die SSD wird in einem Winkel von ca. 30 Grad eingesetzt …

4

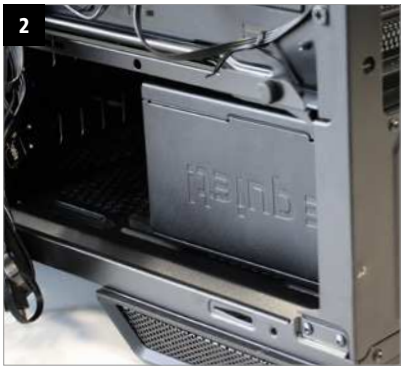
… und dann mit der dazugehörigen Schraube und Abdeckung im Slot fixiert.

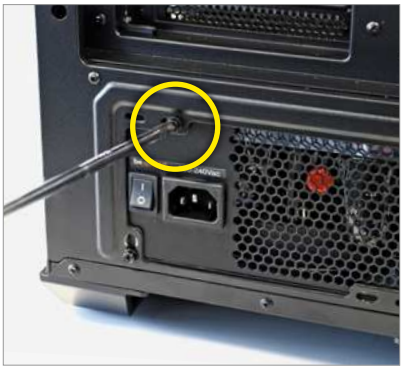
Einbau eines ATX-Netzteils in das Gehäuse (hier: Be quiet Dark Base 700)

1

Das Netzteil muss auch hier von der hinteren Gehäuseseite in einen Schacht eingeführt und bis an das Blech herangeschoben werden.

2





Dann können die Schrauben eingedreht und die benötigten Stromkabel angesteckt werden.

AiRazor

by LC-POWER™

einstellbare RGB-Farben

bis zu DPI **5000** CPI

programmierbare DPI/CPI-Einstellung

125
500
1000 Hz

3 Polling-Rate-Einstellungen

5 programmierbare Maustasten

Gaming-Maus - m810RGB

Gaming-Maus-Pad - mPAD-RGB

Erleben Sie AiRazor, die neue, hochwertige Gaming-Produktreihe aus dem Hause LC-Power!
AiRazor bietet Ihnen die modernste Technik gepaart mit hochwertigen Materialien, die keine Wünsche offen lassen!

Sei es eine perfekte Kühlung für Ihr System, ein ultrapräzises Handling bei der nächsten Gaming-Session oder einfach ein edles Design, welches der absolute Hingucker bei jeder LAN-Party ist, dies alles bietet Ihnen AiRazor!

AiRazor - Entwickelt von Enthusiasten für Enthusiasten!

Gaming-Gehäuse

mechanische Gaming-Tastaturen

Gaming-Gehäuselüfter

Find us on Facebook
facebook.com/lcpower.germany

www.lc-power.com

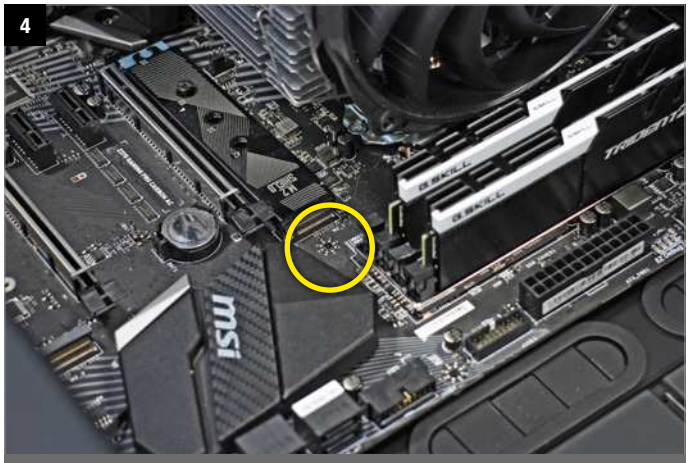
LC-Power-Produkte u.a. erhältlich bei: Amazon.de - Bora-Computer.de - Cyberport.de | .at - ebay.de - KMComputer.de - Mindfactory.de - Reichelt.de - Brack.ch - Steg-Electronics.ch

Einbau eines Mainboards mit voller Breite (Full ATX)

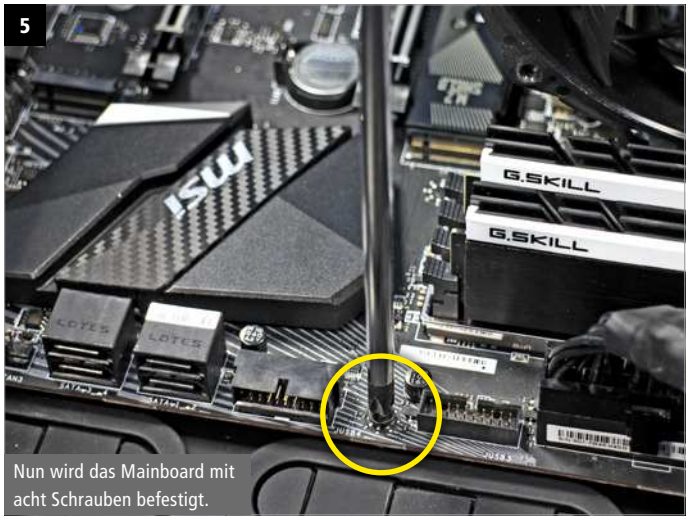
Auch in diesem Gehäuse sind die Abstandshalter vorinstalliert – das spart Zeit.

Der erste Schritt ist, die dem Mainboard beiliegende I/O-Blende einzusetzen.

Das Blech muss an den Ausschnitt herangeführt und hineingedrückt werden, bis es einrastet.



Auch hier gibt es einen Bolzen, welcher das Mainboard nach dem Einsetzen vor dem Verrutschen sichert und das Festschrauben erleichtert.



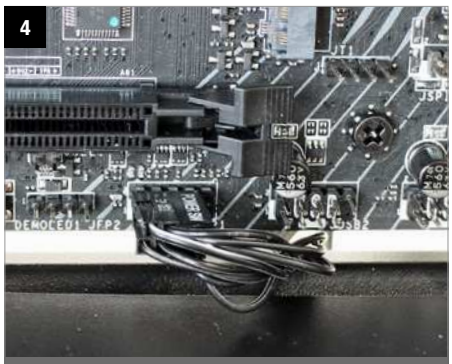
Nun wird das Mainboard mit acht Schrauben befestigt.

Verkabelung des Motherboards mit Steckern von Netzteil und Gehäuse

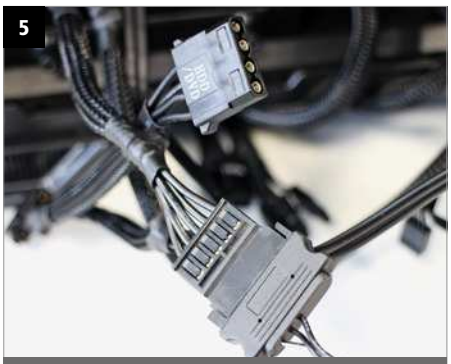
Als Nächstes kann der 8-Pin-CPU-Stecker, welcher Strom für den Prozessor liefert, eingesteckt werden.

Danach kann der 24-polige ATX-Stecker von hinten nach vorne geführt und dort in die dafür geeignete Buchse gesteckt werden.

Für die Kopfhörer- und Mikrofon-Klinke vorne am Gehäuse muss der Audio-Stecker und für die Beleuchtung der RGB-Stecker eingesteckt werden.



Um den Rechner ein- und ausschalten zu können, müssen die Power- sowie Reset-Taster und LEDs angeschlossen werden (Näheres im Mainboardhandbuch).

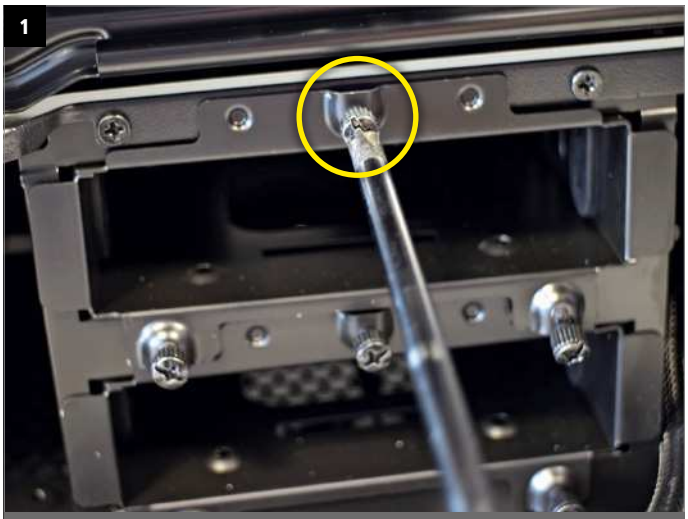


Damit die RGB-Beleuchtung des Gehäuses funktionsfähig ist, muss der entsprechende Stromstecker noch hinten mit dem Netzteil verbunden werden.

Der USB-3.0-Stecker wird als Letzter in den dafür vorgesehenen Stecker unter dem ATX-Stromkabel gesteckt.

Einbau einer 3,5-Zoll-Festplatte (HDD)

1



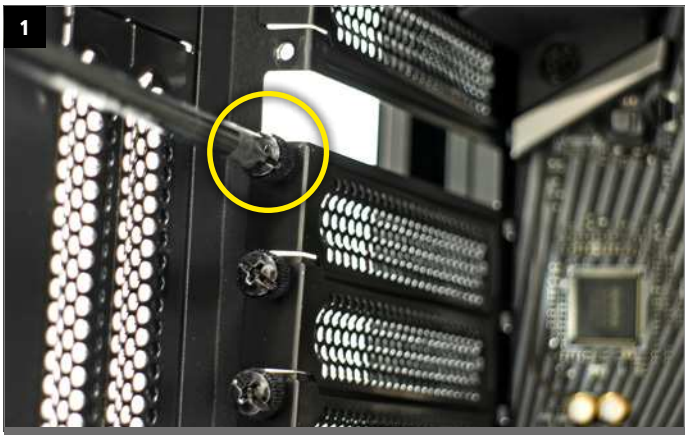
Für die Installation der Festplatte muss zuerst ein Käfig mit drei Rändelschrauben entfernt werden.

2

Die Festplatte muss dann mit jeweils zwei Schrauben pro Seite fixiert werden.

Einbau der Grafikkarte am Beispiel einer MSI Geforce GTX 1080 Ti Gaming X 11G

1



Zum Installieren der Grafikkarte müssen die beiden Bleche entfernt werden, welche mit Rändelschrauben befestigt sind.

2

Anschließend kann die Grafikkarte vorsichtig in den Slot eingesetzt werden, bis ein Einrasten des Hakens zu hören ist.

3

Um der Erweiterungskarte Strom zu liefern, müssen nur noch die beiden Stromkabel nach vorne geführt und eingesteckt werden.

4

Zuletzt sollte der entstandene „Kabelsalat" auf der Gehäuse-Rückseite mit Kabelbindern gebündelt und befestigt werden.

5

Fertig ist der High-End-PC für fröhliches Spielen!

Bild: MEV

Virtuelle Realität

Spiele versuchten schon immer, einen in künstliche Welten zu versetzen. In Zukunft werden auch Aus- und Eingabe diesem Ziel gerecht: VR-Brillen sind der Trend für Spieler mit großzügigem Budget.

Ein gutes Spiel soll einen „hineinziehen", „Immersion bieten" und „die Realität vergessen lassen". Praktisch starrt man aber auf flache Monitore und schiebt Cursor umher. Realität funktioniert anders – und VR auch! Hinter dem großen Multimedia-Schlagwort steckt eine komplett neue Art zu spielen.

Grenzen der Physik

An das Holodeck aus Star Trek kommen „VR-Brillen" allerdings noch nicht heran. Die aktuellen und in den nächsten Jahren zu erwartenden Headsets erreichen nicht einmal die Detailschärfe eines Monitors, heben nicht die physischen Beschränkungen des heimischen Spielezimmers auf und der Spiele-PC sollte die gewünschten Titel besser zu 100 Prozent ruckelfrei wiedergeben, sonst droht reale Übelkeit. Optisch beeindruckende VR-Spiele verlangen deswegen absolute High-End-Grafikkarten – zusammen mit den weiterhin erheblichen Anschaffungskosten der VR-Hardware selbst und der eher kurzen (aber physisch fordernden!) Spielzeit vieler VR-Titel reden wir hier von einem Luxus-Konzept, das dem Nutzer viel Enthusiasmus respektive finanziellen Spielraum abverlangt. Faszinierend ist die Technik aber auch für alle anderen.

Das Spielgefühl

Die Wirkung von VR zu beschreiben ist schwer – man muss es selbst erleben. Auf Messen und in Elektronikmärkten gibt es häufig die Möglichkeit. Aber Vorsicht: Besagter VR-Enthusiasmus schlägt schnell und dauerhaft zu. Trotz oft abstrakter Grafik und pixeliger Wiedergabe reagieren die meisten Menschen auf erste echte VR-Erfahrungen mit „das ist die Zukunft!", „WOW" und vor allem „Mehr!". Grund ist das von modernen VR-Brillen vermittelte Präsenzgefühl – selbst wenn der gezeigte Raum unrealistisch ist, man fühlt sich sofort in das Spiel hineinversetzt. Das geht so weit, dass Anwender Hemmungen haben, über einen virtuellen Abgrund zu schreiten, oder stolpern, weil sie instinktiv versuchen, in der Realität gar nicht existierende Treppenstufen zu erklimmen. Manch einer soll nach langen VR-Sessions sogar schon auf virtuelle Sitzgelegenheiten hereingefallen sein – selbst wenn diese so „realistisch" wie das Simpsons-Sofa aussehen.

Technik 1: Tracking

Damit unser Gehirn selbst kuriose Umgebungen als „realen" Raum akzeptiert, braucht es zunächst eine 3D-Darstellung. VR-Brillen nutzen klassische Stereoskopie, zeigen

dem linken und rechten Auge also leicht unterschiedliche Bilder, passend zum leicht unterschiedlichen Betrachtungswinkel. Im Gegensatz zu vielen 3D-Fernsehern und -Kinos aber ohne Geisterbilder oder Kontrastprobleme, da tatsächlich jedes Auge über seinen eigenen Bildschirm(-bereich) verfügt.

Zusätzlich berücksichtigen VR-Brillen auch die Position des Kopfes als solche – und das ist die entscheidende Neuerung gegenüber banalem 3D oder 360°-Video/Foto-Lösungen wie Google Cardbord und Samsung Gear VR, welche allenfalls Kopfdrehungen, aber keine Translationsbewegungen erfassen: Unser Gehirn ist seit Geburt daran gewöhnt, jede kleine Bewegung des Körpers für die korrekte räumliche Einordnung umgebender Objekte zu nutzen. Schon eine leichte Neigung des Oberkörpers hat mehr Einfluss auf die Betrachterposition als der Abstand zwischen linkem und rechtem Auge und liefert entsprechend wertvolle Informationen zur Räumlichkeit – in der Realität und genauso bei Benutzung eines VR-Headsets. So entsteht der Eindruck, man befände sich in einem realen Raum, während wir an der statischen Perspektive einer 3D-Brille oder gar eines Monitors instinktiv immer spüren, dass die Augen nicht in eine Umgebung, sondern nur auf ein Bild schauen.

VR-Brillen ermöglichen es dagegen, intuitiv um Dinge herumzugucken. Jede Positionsänderung zeigt nahe liegende Objekte aus einem anderen Winkel und erlaubt den Blick auf zuvor verdeckte Bereiche – genau wie in der Realität. Lässt es das Spiel (und die Größe der Spielfläche) zu, kann man auch um virtuelle Dinge herumlaufen, sich dahinter verstecken oder darunterschauen – also alle Interaktionen, die man von einem „realen" Objekt respektive Raum erwartet. Grafikqualität, die Unsichtbarkeit des eigenen Körpers und fehlender physischen Kontakt sind zwar deutliche Unterschiede zum realen Alltag, unser Orientierungsvermögen und damit Raumgefühl ignoriert diese Details aber einfach.

Technik 2: Berechnung

Voraussetzung dafür ist die schnelle und korrekte Berechnung verschiedener Perspektiven. In der Realität ändert sich das vom Auge wahrgenommene Bild bei Kopfbewegungen unverzüglich. Um das Bild in einem VR-Headset anzupassen muss dagegen das Tracking-System die Bewegung erfassen, die CPU die neue Perspektive ermitteln, die GPU die neue Ansicht rendern und das Ergebnis dann noch rechzeitig für das Auge dargestellt werden. Und unser Gehirn arbeitet schnell. Reagiert die virtuelle Welt nur um 20 ms verzögert, spüren empfindliche Naturen dies bereits. Bei 40 ms oder gar einer stockenden Bildausgabe wird es wortwörtlich übel: Ruckeln auf einem Monitor stört unser Gehirn nicht weiter. Es handelt sich schließlich um ein Problem in der Umgebung. Wenn aber der Gleichgewichtssinn eine physische Bewegung wahrnimmt, während dass Auge immer noch die gleiche Perspektive betrachtet, dann interpretiert unser Gehirn diesen Widerspruch zunächst nicht als Unstimigkeit in der Realität, sondern als Wahrnehmungsfehler. Genau wie in einem schaukelnden Schiff kann einem auch im virtuellen Raum ganz real übel werden.

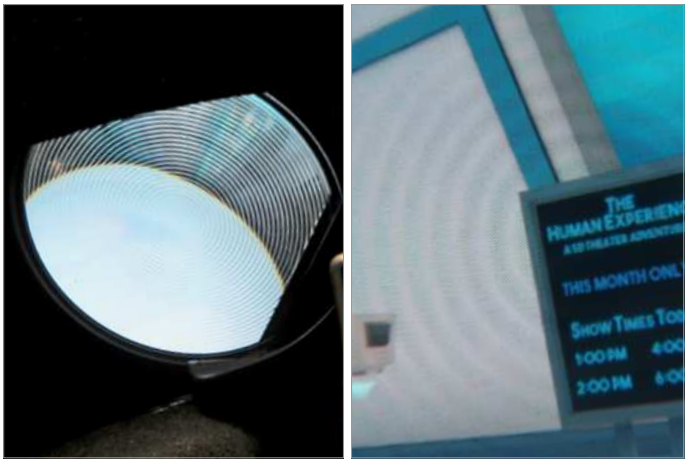
Moderne VR-Brillen abstrahieren notfalls Zwischenbilder, um der überlasteten Grafikkarte mehr Zeit zu verschaffen – kleine Darstellungsfehler übersieht unser Sehzentrum leichter als Ruckler des ganzen Bildes. Trotzdem werden mindestens 45, gerade in schnellen Szenarien besser konstant 90 Bilder pro Sekunde für überzeugendes VR benötigt. Mangels Rechenleistung können VR-Titel deswegen nicht mit der gleichen Grafikqualität wie herkömmliche AAA-Produktionen aufwarten. Die üblichen 1.080 × 1.200 Pixel je Auge verschlingen für 90 Fps bereits mehr Rechenleistung als ein 60-Hz-WQHD-Monitor (2.560 × 1.440 Pixel).

Technik 3: Ausgabe

Das zweite Hindernis auf dem Weg zur fotorealistischen virtuellen Welt sind die Displays in den Headsets. Von herkömmlichen Spielen be-

Anstelle akkubetriebener Rucksack-PCs setzen sich für kabelloses VR zunehmend Funksysteme durch, die aber noch teuer und in ihrer Leistungsfähigkeit begrenzt sind.

Der kleine Oculus Touch gilt auch für große Hände als ergonomischster VR-Controller, vor allem die seitliche Mittelfinger-Taste gefällt. Zusätzlich sind einfache Gesten möglich, da der Controller aufliegende von angehobenen Fingern unterscheiden kann.



Zu wenig Pixel für das große Sichtfeld und insbesondere bei der Vive auch sichtbare Linsenstrukturen beschränken die VR-Bildqualität. Spaß hat man trotzdem.

kannte Tricks wie die Darstellung eines 90°-Sichtfeldes im Spiel auf einem Monitor, der nur 40° unseres Blickfeldes einnimmt, würden den Realitätseindruck (und den Mageninhalt des Nutzers) genauso beeinträchtigen wie mausgesteuerte Zehntelsekunden-360°-Drehungen. Überblick und ein weiter gesteigertes Gefühl virtueller Präsenz vermitteln VR-Brillen stattdessen über ihr großes Sichtfeld – üblich sind 90 bis 110° horizontal, was immerhin der Perspektive durch eine Taucherbrille entspricht.

Die eindrucksvoll formatfüllende Bildwiedergabe vergrößert aber auch die einzelnen Pixel deutlich; Gängige VR-Headsets erreichen lediglich die Pixeldichte eines 24-Zoll-Full-HD-Monitors aus 13 cm (!) Entfernung. Auf feine Details müssen VR-Spiele daher verzichten, der Bildeindruck ist eher pixelig. Je nach Ausgestaltung besagter Pixel führt dies zu einer blockigen Grafik aus klar erkennbaren (oder gar durch Unschärfe maskierten) Quadern oder zu herkömmlich runden Bildpunkten, zwischen denen aber klar erkennbare schwarze Zwischenräume verbleiben. Da unser Gehirn auch dieses Artefakt als Bestandteil des virtuellen Raumes interpretiert, wird der VR-Eindruck meist mit dem Blick durch ein Fliegengitter verglichen.

HTCs Lightouse sendet (IR-)Laserimpulse aus, an denen sich die Vive orientiert. Die Konkurrenz arbeitet mit internen (Mixed Reality) oder externen (Rift) Kameras.

Technik 4: Eingabe

Der letzte Baustein zum virtuellen Erlebnis sind natürlich passende Eingabegeräte – Maus und Tastatur würden nicht nur die Immersion stören, ohne Blick auf die physische Welt wäre insbesondere Letztere auch schwer zu bedienen. Lenkräder respektive Joysticks können dagegen einfach übernommen werden, was VR für Simulationsspieler besonders interessant macht. Tatsächlich stammen die wenigen sowohl virtuell als auch auf dem flachen Monitor überzeugenden Spiele aus diesem Segment. Gamepads werden dagegen kaum noch respektive nur als weit verbreitete Notlösung eingesetzt. Steuert man kein Fahr- oder Flugobjekt, machen VR-optimierte Titel lieber den Spieler selbst zum Eingabegerät und übertragen Handbewegungen mittels VR-Controller 1:1 in die Virtualität. Die gleiche Tracking-Technologie wie an den Headsets ermöglicht in Spielen eine Erkennung von Position und Ausrichtung der Hände, die den Controller halten. Bis auf wenige Ausnahmen werden diese dann in der virtuellen Welt ebenfalls als Hände repräsentiert – intuitiver kann eine Steuerung kaum sein. Nur auf eine Darstellung von Armen wird in der Regel verzichtet, denn das Spiel könnte die Haltung der Ellbogen nur erraten, eine der Realität widersprechende Darstellung würde die Immersion stören. Für heutige Controller ebenfalls nicht erfassbar ist die Position einzelner Finger. Greifen, Zeigen und Abzüge betätigen muss man weiterhin per Knopfdruck am Controller.

Zusätzliche Analog-Sticks oder Touchpads ermöglichen komplexere Eingaben, beispielsweise Laufen respektive Teleportieren von einem Teil der virtuellen Welt in einen anderen. Reale Schritte des Spielers werden zwar über das Kopf-/Headset- und Hand-/Controller-Tracking ebenfalls erfasst und in die Virtualität übertragen, bleiben durch das Platzangebot in der physischen Realität aber meist auf wenige Meter beschränkt. Plant man vor Mobiliar und Mitmenschen zusätzliche Sicherheitsreserven ein, beispielsweise für Schlagbewegungen, wird aus dem beworbenen „roomscale VR“ eher ein aufrechtes Stehen. VR-Spiele-Entwickler wissen dies und passen ihre Spielinhalte daran an, was auch Problemen mit den Headsetkabeln vorbeugt.

Microsofts Mixed-Reality-Initiative hat eine ganze Reihe Einsteiger-VR-Headsets verschiedener Hersteller hervorgebracht, die sich zwar in Design und Ergonomie, nicht aber in den technischen Eckdaten unterscheiden. Die Controller sind sogar herstellerübergreifend einheitlich – genauso wie das mangelhafte Software-Ökosystem.

Technik 5: Zubehör

Alternativ gibt es für die Headsets von Oculus und HTC auch Funklösungen im Zubehör, die das Bildsignal im 60-GHz-Band übertragen und die Stromversorgung für ein paar Stunden via Powerbank am Gürtel sicherstellen. Mit 300 Euro Aufpreis ist die kabellose virtuelle Freiheit aber eher teuer und die Ausbreitungseigenschaften des 60-Hz-Bandes erfordern eine Platzierung des (verkabelten) Senders hoch oben über der Spielfläche. Ebenfalls ein zwiespältiger Luxus sind Systeme, die ein Laufen auf der Stelle ermöglichen sollen – natürliche Bewegungen sind mit den „nur teuren“ Modellen für Heimanwender nämlich keineswegs möglich. Auch Tracking-Technik für weitere Körperteile neben Hand und Kopf hat vorerst eher experimentellen denn Praxis-Charakter.

Überblick: VR-Anbieter

Auch wenn heutige VR-Lösungen aufgrund der genannten Einschränkungen noch nicht die Visionen von Science-Fiction-Autoren erfüllen, bieten mehrere Hersteller zufriedenstellende Lösungen der grundlegenden Probleme an. Wer die neue, in einigen Punkten unter- aber in vielen Punkten auch überlegene Art zu Spielen ausprobieren möchte, steht also vor der Wahl:

Oculus Rift: Pionier von Facebook. Ausgangspunkt für den anhaltenden VR-Hype war ein Kickstarterprojekt von Oculus. Zwei Jahrzehnte, nachdem die 3D-Helme der 90er scheiterten, entwickelten Bastler die erste echte VR-Brille. Nach zwei Developer-Versionen ist die finale Fassung zwar teurer als erwartet und war anfangs mangels VR-Controllern nur für Simulationen gut nutzbar („seated VR"), seit der Vorstellung der Touch-Controller wurde die Rift aber zur beliebtesten PC-VR-Lösung. Neben dem mittlerweile auf 450 Euro gesenkten Paket-Preis überzeugt vor allem die Ergonomie. Die Controller liegen optimal in der Hand, Bedientasten sind so positioniert, dass natürliche Handbewegungen intuitiv genutzt werden können. Das Headset selbst ist relativ kompakt und kommt serienmäßig mit einem leicht zu handhabenden Trägersystem und integrierten Kopfhörern daher.

Auch die Oculus-eigene Software-Umgebung gibt sich benutzerfreundlich und wartete als erste mit einem VR-Bedienkonzept in Form eines virtuellen Hauses auf, aus dem heraus sich das an hochwertigen Titeln reiche Spieleangebot aufrufen lässt. Dieses Software-Ökosystem ist aber zugleich der größte Kritikpunkt: Der Mutterkonzern Facebook sieht Oculus als strategische Investition und möchte Nutzer gezielt an die eigene Plattform binden. Einerseits fördert man hierfür zahlreiche Spiele-Entwickler und hat durch Rabattaktionen den Einstiegspreis für gutes VR deutlich gesenkt. Andererseits spalten die entstehenden Exklusiv-Spiele den VR-Markt, denn sie lassen sich ausschließlich über Oculus-Store und -Software nutzen. Der Zugriff auf VR-Titel des konkurrierenden Steam ist für Oculus-Besitzer deutlich unkomfortabler. Ein zweites Problem für einige ältere Rechner: Oculus nutzt für das Tracking Kamera-ähnliche Sensoren, die über USB angebunden werden. Zusammen mit dem Headset sollte man mindestens drei USB-3.0-Ports sowie gegebenenfalls -Verlängerungen bereitstellen, beim Einsatz einer dritten oder vierten Kamera für große oder komplex geformte Spielflächen entsprechend mehr.

HTC Vive und Vive Pro: Teure Techniker in Kooperation mit Valve/Steam. Hauptkonkurrent von Oculus ist HTC, die beim Software-Teil der Vive mit Valve zusammenarbeiten. Entsprechend gut ist die Integration in die Steam-Plattform und im Rahmen von OpenVR öffnet man sich auch gegenüber Drittparteien. Da es diese praktisch nicht gibt und die Rift-Nutzer wesentlich bequemer auf Steam-Inhalte zugreifen können als Vive-Besitzer auf den Oculus-Store, ist dies aber ein eher ideeller Aspekt. Physische Vorteile bietet dagegen das Tracking-System von HTC, bei dem die Basis-Stationen nur Orientierungssignale aussenden. Die Sensoren sitzen aber in Controllern und Headset. So braucht nur Letzteres eine Datenverbindung zum Rechner – die „Lighthouse" genannten Emitter werden direkt mit einer Steckdose verbunden. Zusätzlich haben sie eine größere Reichweite als die Oculus-Gegenstücke, unterstützen aber nicht die Verwendung von mehr als zwei Basis-Stationen zur Ausleuchtung komplexer Spielflächen.

Vom Headset existieren mittlerweile zwei Ausführungen. Die originale Vive nutzt ein der Rift sehr ähnliches OLED-Display mit ähnlich ausgeprägtem „Fliegengittereffekt", der Bildeindruck unterscheidet sich nur in stärker sichtbaren Linsenstrukturen und geringerer Bildschärfe im Randbereich der Vive, respektive einem deutlichen Überstrahlen heller Objekte auf dunklem Hintergrund bei der Rift. Die Ergonomie der originalen Vive leidet aber unter dem Skibrillen-ähnlichen Riemensystem, das zudem mit eigenen Kopfhörern koordiniert werden will. Das Oculus-ähnliche, der Rift sogar leicht überlegene „Deluxe Audio Headstrap" muss man hingegen zusätzlich zum 600 Euro teuren Basispaket für 120 Euro erwerben. Beim Nicht-ganz-Nachfolger Vive Pro sind diese Features serienmäßig integriert und vor allem wurde die Display-Auflösung spürbar gesteigert. Mit ihrem verringerten Fliegengittereffekt und der höheren Detailschärfe nimmt die Vive Pro derzeit die Marktspitze ein,

Oculus' Vive bot als Erste ein stabiles Kopfgeschirr mit Kopfhörern, mittlerweile haben HTCs Vive Pro respektive Vive mit Deluxe Audio Headstrap die Nase vorn.

was aber auch für den Bedarf an Rechenleistung und den Preis gilt – derzeit muss man 880 Euro nur für das Headset zahlen, Basisstationen und die im Vergleich zu Oculus klobigeren Controller sollen aus einem vorhandenen Vive-1-Kit übernommen oder für 550 Euro zusätzlich gekauft werden.

Mixed Reality: VR für Windows 10. Preislich wesentlich flexibler ist die dritte namhafte Option für VR am PC. Unter dem Schlagwort „Mixed Reality" möchte Microsoft künftig diversen Ansätzen eine einheitliche Plattform geben, von klassischem VR bis hin zu Augmented Reality, die Teile der physischen Umgebung ins simulierte Geschehen einbezieht. Vorerst verkaufen die zahlreichen Mixed-Reality-Anbieter (unter anderem Acer, Dell, HP, Lenovo und Medion) für zum Teil unter 400 Euro aber nur klassische VR-Brillen. Deren Displays und Optiken unterscheiden sich kaum voneinander und als Controller kommt ein Einheits-Modell von Microsoft zum Einsatz. Letzteres ist im Design zwar von Oculus inspiriert, gilt aber allgemein als unergonomischste der drei Lösungen.

Die Headsets selbst dagegen bieten neben dem niedrigen Preis sowohl Vor- als auch Nachteile. Zunächst einmal kommen LC-Displays zum Einsatz, deren große Pixel entgegen der OLED-Modelle von HTC und Oculus keinen Fliegengittereffekt aufweisen und deren Pixeldichte (samt Hardware-Anforderungen) auf halbem Wege zwischen Vive respektive Rift und Vive Pro liegt. Im Gegenzug kommen aber LCD-typische Nachteile wie mögliche Schlierenbildung bei schnellen Bewegungen und vor allem ein geringerer Kontrastumfang hinzu. Während Oculus und HTC brillante, realistische Farben bieten, liegt über der virtuellen Welt von Microsoft ein Grauschleier. Ebenso zwiespältig fällt das Tracking-System aus, das sich allein auf Kameras im Headset verlässt. Somit muss man keine Basisstationen aufstellen und verkabeln, kann den Spielbereich aber auch nicht dauerhaft anhand dieser definieren. Im schlimmsten Fall müssen die Sicherheitsgrenzen nach jedem Neustart neu konfiguriert werden, damit man in der Virtualität rechtzeitig auf drohende Kollisionen in der Realität hingewiesen wird. Auch können die integrierten Kameras die Controller nur vor dem Spieler zuverlässig erfassen – auf den ersten Blick kein Problem, schließlich sieht man sie auch nur dort. Wer aber zu einem virtuellen Wurf ausholt, der merkt sehr schnell, dass auch Tracking-Fehler von nicht sichtbaren Bewegungen die Immersion zerstören.

Die größte Einschränkung von Mixed Reality ist aber Microsofts Software in Form von Windows Store und somit Windows 10 – dort werden bislang quasi keine höherwertigen Mixed-Reality-Inhalte angeboten. Eine App soll dies zwar durch Zugriff auf Steam und damit OpenVR-Titel ausgleichen, arbeitet aber weder problemlos noch ist die Bedienung dieser Titel an die Microsoft-Hardware angepasst. *(tv)*

Tuning-Einmaleins

Selbst der beste Computer kann effizienter und schneller arbeiten. In diesem Artikel liefern wir Grundlagen zum PC-Tuning für die Leistungsträger Prozessor und Grafikkarte.

In jedem Prozessor und jeder Grafiikkarte steckt ungenutztes Potenzial. Möglich wird dies durch mehr oder minder üppige Sicherheitsreserven. Wir verraten, wie Sie Ihren Rechner mit wenigen Handgriffen schneller oder effizienter machen – im Idealfall sogar beides zusammen!

Die Sinnfrage

Eine Übertaktung des Hauptprozessors lohnt sich nicht, wenn die Grafikkarte das Geschehen ausbremst – und umgekehrt. Ob die CPU oder doch die GPU das Spielerlebnis trübt, lässt sich einfach durch das Herabsetzen der Auflösung prüfen. Letztere ist nämlich ausschließlich die Arbeit der Grafikkarte: Je mehr Pixel, desto größer die Grafiklast. Den Prozessor kümmert es nicht, ob Sie in 1.920 × 1.080 oder in 3.840 × 2.160 Pixel spielen, seine Aufgaben, zu denen auch das Befehligen der Grafikkarte gehören, sind pixelunabhängig. Ist die GPU überfordert, legt die CPU Leerlaufzyklen ein. In diesem Fall herrscht ein Grafiklimit vor und eine Übertaktung des Prozessors ändert rein gar nichts an der Bildrate. Hier bietet es sich an, die Grafikkarte zu übertakten. Doch aus dem Grafik- kann schnell ein Prozessorlimit werden, wenn Sie die Auflösung, Kantenglättung, und weitere GPU-intensive Effekte ausschalten, beispielsweise Schattenfilterung oder Ambient Occlusion (Umgebungsverdeckung). Steigt die Bildrate nach starker Absenkung der Auflösung hingen nur minimal oder gar nicht, herrscht ein CPU-Limit vor. Diesem begegnen Sie effektiv mit einer Übertaktung des Prozessors.

CPU-OC leicht gemacht

Eine CPU-Übertaktung ist seit einigen Jahren wirklich einfach (aber trotzdem nicht ohne Risiko!): Mit lediglich zwei Parametern, nämlich der Kernspannung und dem Multiplikator, lassen sich die meisten Prozessoren fast vollständig ausreizen. Wichtig ist nur, dass Sie über ein Modell mit offenem Multiplikator verfügen, denn ansonsten führt der Weg nur über den Referenztakt – und dieser Weg ist ein kurzer; mehr als drei bis fünf Prozent mehr Takt ist nicht zu holen.

Am besten heben Sie den Multiplikator im BIOS-/UEFI um eine Stufe an, prüfen kurz die Stabilität und erhöhen den Multiplikator dann erneut. Bricht der Stabilitätstest oder bereits der Windows-Bootvorgang ab, ist es meistens Zeit für eine Spannungserhöhung. Eine Anhebung um 0,050 Volt steigert fast immer das Taktpotenzial.

Mit wachsendem Takt benötigt der Prozessor immer häufiger einen Schuss mehr Spannung. Behalten Sie daher die Temperatur im Auge. Beim Übertakten für den Alltagsnutzen überwiegen die Nachteile starker Überspannung (Abwärme, Verbrauch, Defektrisiko) meist das Leistungsplus. Es ist daher oft sinnvoll, sich mit einer Luftkühlung auf etwa 10-15 Prozent Überspannung und mit einer Wasserkühlung auf 15-20 Prozent zu beschränken. Unter Volllast sollte die Kerntemperatur aktueller Intel-Prozessoren bei unter 80 °C bleiben; bei AMD-Chips liefern die internen Sensoren häufiger viel zu niedrige, unglaubwürdige Werte aus – hier sind oft schon rund 60 °C die Obergrenze.

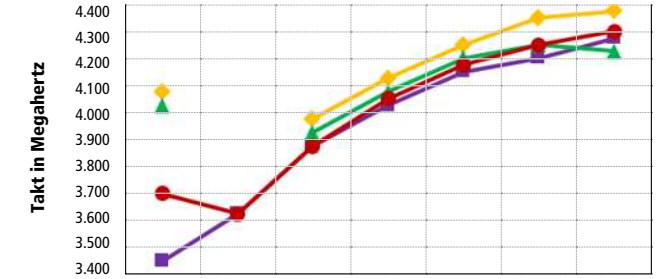
Da es für jede Plattform im Detail unterschiedliche Dinge zu beachten gilt, lohnt sich ein Blick auf die Anleitungen unter www.pcgh.de/cpu-oc. Dort können Sie auch Fragen stellen, die ganz konkret Ihr verwendetes Setup betreffen.

Gute CPU-Stabilitätstests

Ein schneller Test, um die Wunschfrequenzen auf Standfestigkeit zu prüfen, ist beispielsweise mit dem Cinebench R15 möglich. Das Programm benötigt auf aktuellen Systemen kaum eine Minute und gibt einen Punktwert aus. Wird der CPU-Takt gedrosselt, weil der Prozessor zu heiß läuft, wirkt sich dies auf das Ergebnis aus. Es bietet sich an, parallel ein Tool laufen zu lassen, das die Kerntemperaturen anzeigen kann, beispielsweise Aifa64, HWInfo oder Core Temp.

Gründlicher und verlässlicher ist ein Test mit Prime95 (Vorsicht: große Hitzeentwicklung im fordernden Testmodus „Small FFTs“!). Falls Ihr System so konfiguriert ist, dass bei Teillast, also etwa der Auslastung nur eines Kerns, ein beson-

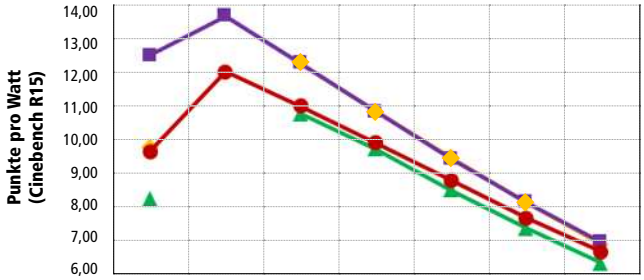
Ryzen 2000: Overclocking-Potenzial



	Auto	1,00 Volt	1,10 Volt	1,20 Volt	1,30 Volt	1,40 Volt	1,50 Volt
R7 2700X	4.075 MHz	Kein Test	3.975 MHz	4.125 MHz	4.250 MHz	4.350 MHz	4.375 MHz
R7 2700	3.450 MHz	3.625 MHz	3.875 MHz	4.025 MHz	4.150 MHz	4.200 MHz	4.275 MHz
R5 2600X	4.025 MHz	Kein Test	3.925 MHz	4.075 MHz	4.200 MHz	4.250 MHz	4.225 MHz
R5 2600	3.700 MHz	3.625 MHz	3.875 MHz	4.050 MHz	4.175 MHz	4.250 MHz	4.300 MHz

System: Asus Crosshair VII Hero Wi-Fi (UEFI 0505/0509), 2 × 8 GiByte DDR4-2666 (DR), Geforce GT 640, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Windows 10 64 Bit

Ryzen 2000: Energieeffizienz bei Maximaltakt



	Auto	1,00 Volt	1,10 Volt	1,20 Volt	1,30 Volt	1,40 Volt	1,50 Volt
R7 2700X	9,76	Kein Test	12,28	10,84	9,46	8,13	6,88
R7 2700	12,51	13,67	12,28	10,83	9,43	8,14	6,96
R5 2600X	8,23	Kein Test	10,77	9,72	8,51	7,37	6,33
R5 2600	9,65	12,02	11,00	9,91	8,80	7,68	6,67

System: Asus Crosshair VII Hero Wi-Fi (UEFI 0505/0509), 2 × 8 GiByte DDR4-2666 (DR), Geforce GT 640, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Windows 10 64 Bit

Ryzen 7 2700: Spannungsskalierung in 25-MHz-Schritten (getestet mit Cinebench R15)

Kernspannung (UEFI-Menü)	Auto (ca. 1,06 Volt)	1,00 Volt	1,10 Volt	1,20 Volt	1,30 Volt	1,40 Volt	1,50 Volt
Maximaler Kerntakt	3.450 MHz (kein OC)	3.625 MHz	3.875 MHz	4.025 MHz	4.150 MHz	4.200 MHz	4.275 MHz
Leistungsaufnahme	125 Watt	119 Watt	141 Watt	166 Watt	196 Watt	230 Watt	276 Watt
Punkte bei maximalem Takt	1.564	1.627	1.731	1.797	1.848	1.872	1.922
Punkte pro Watt (max. Takt)	12,51	13,67	12,28	10,83	9,43	8,14	6,96
System: Asus Crosshair VII Hero Wi-Fi (UEFI 0509), 2 × 8 GiByte DDR4-2666 (15-15-15-35 1T), Geforce GT 640, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %, Windows 10 64 Bit							

Ryzen 5 2600: Spannungsskalierung in 25-MHz-Schritten (getestet mit Cinebench R15)

Kernspannung (UEFI-Menü)	Auto (ca. 1,19 Volt)	1,00 Volt	1,10 Volt	1,20 Volt	1,30 Volt	1,40 Volt	1,50 Volt
Maximaler Kerntakt	3.700 MHz (kein OC)	3.625 MHz	3.875 MHz	4.050 MHz	4.175 MHz	4.250 MHz	4.300 MHz
Leistungsaufnahme	131 Watt	103 Watt	120 Watt	139 Watt	161 Watt	187 Watt	219 Watt
Punkte bei maximalem Takt	1.264	1.238	1.319	1.377	1.416	1.436	1.460
Punkte pro Watt (max. Takt)	9,65	12,02	11,00	9,91	8,80	7,68	6,67
System: Asus Crosshair VII Hero Wi-Fi (UEFI 0509), 2 × 8 GiByte DDR4-2666 (15-15-15-35 1T), Geforce GT 640, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %, Windows 10 64 Bit							

ders hoher Turbo-Takt anliegt, sollten Sie Testprogramme zusätzlich auch so konfigurieren, dass Voll- und Teillast vorliegt; sonst drohen in der Praxis Abstürze.

Ryzen ohne X: macht nix

Ryzen-Prozessoren ohne „X"-Endung eignen sich nicht gut für eine Übertaktung: weit gefehlt! Wir haben uns anhand des Ryzen 7 2700 und 2700X (je acht Kerne) respektive Ryzen 5 2600 und 2600X (je sechs Kerne) angesehen, ob die teureren X-Modelle Vorteile haben. Tatsächlich ergeben sich diese vor allem beim Betrieb innerhalb der Spezifikation, denn dank höherer TDP-Werte (maximale Leistungsaufnahme) rechnen die X-Chips mit höheren Turbofrequenzen.

Bei manuell fixierter Spannung zeigt sich ein Vorteil für den R7 2700X gegenüber dem R7 2700. Dieser liegt für den gesamten Spannungsbereich von 1,10 bis 1,50 Volt bei lediglich 100, maximal 150 MHz. Da das Setup mit dem übertakteten R7 2700 allerdings auch 4 bis 11 Watt weniger aus der Steckdose zieht, ist die Energieeffizienz beider Modelle nahezu identisch. Auch bei den Modellen R5 2600X und R5 2600 zeigt sich, dass das teurere X-Modell bei gleicher Kernspannung tendenziell höhere Taktfrequenzen verkraftet. Allerdings liegt es bei der Energieeffizienz leicht zurück. Während sich beim R5 2600X das OC-Potenzial beim Sprung von 1,40 auf 1,50 Volt um 25 MHz verschlechtert, legt der R5 2600 immerhin noch um 50 MHz zu und erreicht dadurch den höheren Maximaltakt. Die vier Ryzen-2000-Chips belohnen aber bereits den Sprung von 1,30 auf 1,40 Volt nur noch mit kleinen OC-Vorteilen von 50 bis 100 MHz. Bei einer noch höheren Spannung überwiegen die Nachteile deutlich.

Ryzen-Spezialfall: Single-Rank-RAM tunen

AMDs Ryzen-Prozessoren sprechen gut auf einen erhöhten Speichertakt an, daher sollten Ryzen-Nutzer alles daran setzen, Ihren RAM so scharf wie möglich einzustellen. Der Hersteller spezifiziert für Single-Rank-Riegel (SR) höhere Taktraten als bei der gleichen Anzahl von Dual-Rank-Modulen (DR). SR-Module liefern allerdings eine geringere Leistung pro Zyklus, benötigen also einen höheren Takt für vergleichbare Geschwindigkeit. Diese Schwäche lässt entweder mittels Overclocking oder mithilfe der Option „BankGroupSwap", die sich in einigen UEFI-Menüs versteckt, etwas entschärfen. Beim beliebten Asus Crosshair VI Hero finden Sie sie beispielsweise unter „Advanced\AMD CBS\UMC Common Options\DRAM Memory Mapping".

Das Umstellen auf „Disabled" lohnt sich: Das Komprimieren und Verschlüsseln unseres rund 3 GB großen Testarchivs nimmt zwölf Sekunden weniger Zeit in Anspruch, was einer Verkürzung um fünf Prozent entspricht. Auch der Hexer Geralt läuft etwas flotter durch die Lande: Die Framerate in The Witcher 3 erhöht sich von 110,0 auf 113,6 Fps – ein Plus von immerhin drei Prozent.

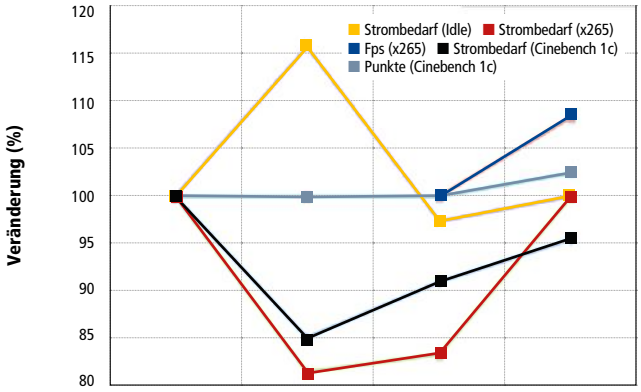
GPU-OC leicht gemacht

Wie erwähnt, spielt die Grafikleistung vor allem dann eine wichtige Rolle, wenn Sie mit einem hochauflösenden Monitor spielen. WQHD/1440p ist wesentlich grafiklastiger als Full HD/1080p und in Ultra HD/2160p ist ein Prozessorlimit eher selten. PC Games Hard-

Tuning-Beispiel: Intel Core i7-8700K

Der Intel-Sechskerner ist beliebt und bietet einige Stellschrauben zur Optimierung, daher dient er uns als Beispiel, was auf dem Sockel 1151 möglich ist. Beachten Sie, dass jede CPU ein Unikat ist, sodass unsere Ergebnisse nur Richtwerte darstellen!

Windows-10-Desktop/Hwbot x265 Benchmark/Cinebench R15 Singlecore



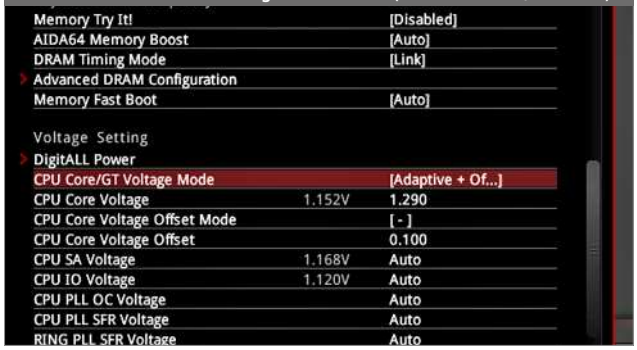
	Standard	Manual 1,080 V	Offset -0,110 V*	PCGH-optimiert*
Vcore (Idle)	0,73 Volt	1,09 Volt	0,62 Volt	0,63 Volt
Takt (Idle)	800 MHz	800 MHz	800 MHz	800 MHz
Strombedarf (Idle)	38 Watt	44 Watt	37 Watt	38 Watt
Vcore (x265)	1,22 Volt	1,09 Volt	1,10 Volt	1,18 Volt
Takt (x265)	4.300 MHz	4.300 MHz	4.300 MHz	4.700 MHz
Strombedarf (x265)	157 Watt	128 Watt	131 Watt	157 Watt
x265 4K	12,183 Fps	12,183 Fps	12,183 Fps	13,203 Fps
Effizienz (x265)	12,89 Watt pro Fps	10,51 Watt pro Fps	10,75 Watt pro Fps	11,89 Watt pro Fps
Kerntemp (x265)	59,7 °C	51,0 °C	52,0 °C	60,1 °C
Vcore (Cinebench 1c)	1,29 Volt	1,09 Volt	1,18 Volt	1,18 Volt
Takt (Cinebench 1c)	4.600 MHz	4.600 MHz	4.600 MHz	4.700 MHz
Strombedarf (CB 1c)	67 Watt	57 Watt	61 Watt	64 Watt
Cinebench (1 Core)	203 Punkte	203 Punkte	203 Punkte	208 Punkte
Effizienz (CB 1c)	3,03 Punkte pro Watt	3,56 Punkte pro Watt	3,33 Punkte pro Watt	3,25 Punkte pro Watt

System: MSI Z370 Gaming Pro Carbon AC, Fractal Design Celsius S36, 2 × 8 GiB DDR4-2666, Geforce GT 640; Windows 10 64 Bit *Loadline Calibration: Mode 8

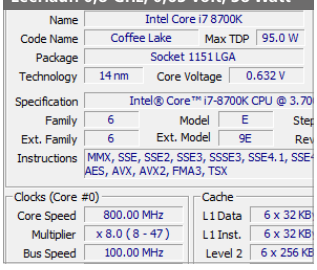
„Adaptiv“: UV mit OC kombinieren

Mit dieser Einstellung können Sie die CPU-Leerlauf- und Lastspannung unabhängig voneinander justieren – toll für effizientes Übertakten.

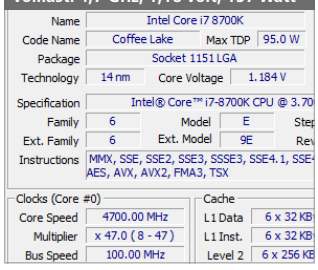
UEFI-Menü des MSI Z370 Gaming Pro Carbon AC (Advanced Mode, OC-Menü)



Leerlauf: 0,8 GHz, 0,63 Volt, 38 Watt



Volllast: 4,7 GHz, 1,18 Volt, 157 Watt



ware rät zum MSI Afterburner, da dieses Programm mit allen Modellen zusammenarbeitet und regelmäßige Updates erfährt. Nur in Einzelfällen, etwa speziellen Designs der Hersteller Asus, EVGA und Sapphire, stellen die herstellereigenen Programme GPU Tweak, Precision XOC und Trixx eine bessere Wahl dar, etwa weil der Spannungskontrollchip nur hiermit angesprochen werden kann.

Das A und O: Kühlung

Beim Übertakten ist gute Kühlung ein Grundpfeiler des Erfolgs. Sowohl Radeon- als auch Geforce-Grafikkarten rechnen mit einer geringen Temperatur schneller als mit einer hohen – der (auch) temperaturgeregelte GPU-Boost ist die Ursache. Starke Custom-Designs regeln die Lüfter automatisch höher, um unter 80 °C zu bleiben. Bei Geforce-Chips dürfen Sie die Temperaturgrenze erweitern, wir raten jedoch aufgrund des dadurch höheren Stromverbrauchs und der größeren Hitzebelastung der Bauteile davon ab – verstärken Sie besser die Kühlung. Neben der Möglichkeit, die Lüfterdrehzahl in Tools zu erhöhen oder einen anderen Kühler nachzurüsten, wirkt auch ein Durchzug im Gehäuse beziehungsweise ein Seitenwandlüfter wahre Wunder.

Radeon beschleunigen

Aktuelle Grafikchips überwachen permanent ihre Vitalfunktionen, darunter Temperatur und fließende Ströme. Übersteigen beide oder einzelne Parameter die festgelegten Grenzwerte, taktet sich die GPU herunter, um innerhalb dieser Limits zu bleiben. Zu Anfang, wenn Sie ein Spiel starten, ist der Chip kühl, was eine geringe Leistungsaufnahme zur Folge hat und es der Grafikkarte ermöglicht, ihren höchsten Boost-Takt zu nutzen. Fortlaufende Erwärmung während des Spielens führt zu einer höheren Leistungsaufnahme, Leckströme nehmen zu. Infolgedessen gerät der Takt bei vielen Grafikkarten ins Wanken, die GPU passt ihre Frequenz und die anliegende Spannung dynamisch an – nur der Speichertakt bleibt unter Last konstant hoch.

Mitunter drosselt eine Grafikkarte direkt nach Spielstart ihren Boost, manchmal gar nicht. Welcher Fall eintritt, hängt von den Eigenheiten Ihrer Lieblingsspiele ab, denn einige heizen stärker als andere. Im PCGH-Testlabor haben sich Anno 2070, The Witcher 3 und Call of Duty: Modern Warfare Remastered als Spitzenreiter hervorgetan. Die meisten Radeon-GPUs können ihren Boost hier nicht halten, während Crysis 3, Battlefield 1, TES 5: Skyrim und viele andere Titel kein Problem darstellen. Auch aktive Framelimits oder Vsync führen dazu, dass das Powerlimit seltener als Boostbremse fungiert.

Ob das Powerlimit der Hemmschuh ist, erkennen Sie einfach: Drosselt Ihre Grafikkarte den Takt trotz niedriger Kerntemperatur – alles unter 80 °C ist als niedrig anzusehen –, ist das der Fall. Dagegen hilft, das Limit zu erhöhen, das Sie im Treibermenü „Wattman“ (Overdrive“ bei älteren Chips) einstellen. Mit +20 Prozent halten viele Modelle ihren Takt, werden dabei jedoch heißer und lauter. Seit einigen Generationen erlauben Radeon-GPUs sogar bis zu +50 Prozent Powerlimit, doch das sollten Sie nicht ohne starke Kühlung einstellen!

Geforce ausreizen

Wer eine Geforce-Grafikkarte besitzt, sollte die Eigenheiten ihrer automatischen Übertaktung kennen. Wie AMD-Chips auch, takten moderne Nvidia-Prozessoren direkt bei Spielstart höher als nach einiger Aufwärmzeit, da Temperatur und Ströme stärker zu limitieren beginnen. Erhöhen Sie in einem Overclocking-Tool wie dem MSI Afterburner das Powertarget (in Prozent) und die Kernspannung Ihrer Grafikkarte (in Volt) bis zum Anschlag, fällt der Takt (GPU Boost) ein paar Stufen à 13 MHz höher aus als vor diesem Eingriff.

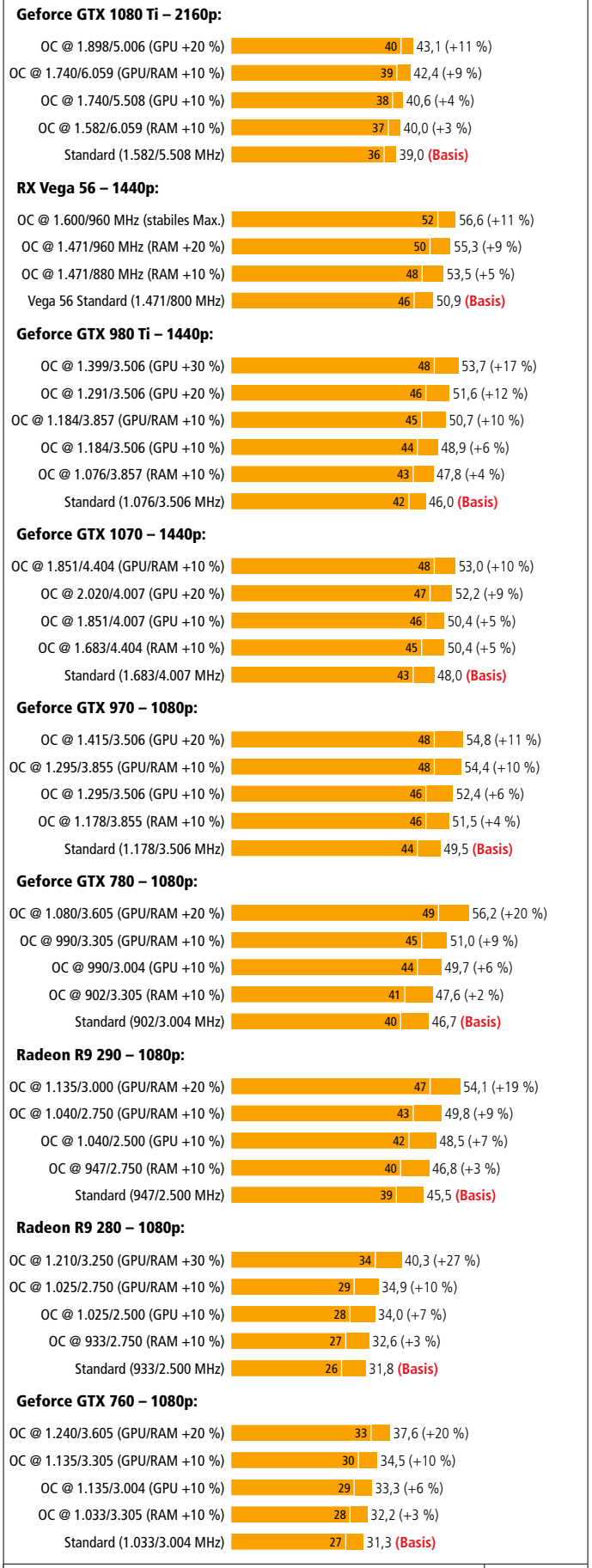
Wir raten Ihnen dazu, zunächst jene Maximalwerte bei Spannung und Powerlimit einzustellen und diese dann in einem Spiel zu prüfen. Hier zeigt sich schnell, in welchem Takt der kleine Eingriff mündet. Erst dann sollten Sie die Taktregler betätigen. Letztere funktionieren per Offset (Versatz), das heißt, die von Ihnen eingetragenen Zahlen werden auf den automatischen Boost addiert. Ein Beispiel: 1.800 MHz automatischer Boost plus ein Offset von +100 MHz resultiert in einem Kerntakt von 1.900 MHz – solange das Powerlimit nicht in die Parade fährt oder die Temperaturgrenze erreicht wird. In der Praxis schwankt der Boost oft leicht, je nach Auslastung und Temperatur. Das ist normal und muss Ihnen keine Sorgen bereiten.

Overclocking-Richtwerte: Grafikkarten

	Standardtakt*	OC-Takt (durchschnittlich)	OC-Takt (optimistisch)**
Nvidia Geforce/Titan			
Titan V	1.455/851 MHz	1.700/950 MHz	1.900/1.000 MHz
Titan Xp & Collector's Ed.	1.582/5.702 MHz	1.800/6.000 MHz	2.000/6.200 MHz
Titan X (Pascal)	1.531/5.006 MHz	1.800/5.400 MHz	2.000/5.500 MHz
Geforce GTX 1080 Ti	1.582/5.508 MHz	1.800/5.800 MHz	2.000/6.000 MHz
Geforce GTX 1080	1.733/5.006 MHz	1.898/5.400 MHz	2.000/5.500 MHz
Geforce GTX 1070 Ti	1.683/4.007 MHz	1.898/4.400 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1070	1.683/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1060	1.709/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1050 Ti	1.392/3.506 MHz	1.700/3.900 MHz	1.800/4.000 MHz
Geforce GTX 1050	1.455/3.506 MHz	1.700/3.900 MHz	1.800/4.000 MHz
Geforce GTX 980 Ti	1.076/3.506 MHz	1.300/3.800 MHz	1.400/3.900 MHz
Geforce GTX 980	1.216/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.550/4.099 MHz
Geforce GTX 970	1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 960	1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 950	1.188/3.305 MHz	1.400/3.500 MHz	1.500/3.800 MHz
Geforce GTX 780 Ti	928/3.500 MHz	1.100/3.700 MHz	1.250/3.900 MHz
Geforce GTX 780	902/3.004 MHz	1.058/3.400 MHz	1.110/3.600 MHz
Geforce GTX 770	1.085/3.500 MHz	1.202/3.800 MHz	1.254/4.002 MHz
Geforce GTX 760	1.033/3.004 MHz	1.150/3.500 MHz	1.202/3.703 MHz
Geforce GTX 750 Ti	1.084/2.700 MHz	1.250/3.000 MHz	1.300/3.200 MHz
Geforce GTX 680	1.058/3.004 MHz	1.202/3.300 MHz	1.254/3.500 MHz
Geforce GTX 670	980/3.004 MHz	1.202/3.400 MHz	1.254/3.600 MHz
Geforce GTX 660 Ti	980/3.004 MHz	1.071/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Geforce GTX 660	1.033/3.004 MHz	1.097/3.400 MHz	1.150/3.500 MHz
AMD Radeon			
Radeon RX Vega 64 LCE	1.677/945 MHz	1.700/1.050 MHz	1.750/1.100 MHz
Radeon RX Vega 64	1.546/945 MHz	1.550/1.000 MHz	1.600/1.050 MHz
Radeon RX Vega 56	1.471/800 MHz	1.500/900 MHz	1.600/950 MHz
Radeon RX 580/8G	1.340/4.000 MHz	1.400/4.300 MHz	1.450/4.500 MHz
Radeon RX 580/4G	1.340/3.500 MHz	1.400/3.900 MHz	1.450/4.000 MHz
Radeon RX 570/8G	1.244/3.500 MHz	1.300/3.900 MHz	1.400/4.000 MHz
Radeon RX 570/4G	1.244/3.500 MHz	1.300/3.800 MHz	1.400/3.900 MHz
Radeon RX 480/8G	1.266/4.000 MHz	1.300/4.200 MHz	1.350/4.500 MHz
Radeon RX 480/4G	1.266/3.500 MHz	1.300/3.900 MHz	1.350/4.200 MHz
Radeon RX 470	1.206/3.300 MHz	1.300/3.600 MHz	1.350/4.000 MHz
Radeon RX 460	1.200/3.500 MHz	1.300/3.800 MHz	1.350/4.200 MHz
Radeon R9 Fury X	1.050/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 Fury	1.000/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 390X	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 390	1.000/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 380X	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/4G	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/2G	970/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R7 370	975/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R9 290X	1.000/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/3.000 MHz
Radeon R9 290	947/2.500 MHz	1.100/2.700 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 280X	1.000/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Radeon R9 285	918/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 280	933/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 270X	1.050/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz	1.200/3.100 MHz
Radeon R9 270	925/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R7 260X	1.100/3.250 MHz	1.200/3.400 MHz	1.250/3.500 MHz
Radeon HD 7970 GHz Ed.	1.050/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Radeon HD 7970	925/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz
Radeon HD 7950	800/2.500 MHz	1.000/2.900 MHz	1.100/3.000 MHz
Radeon HD 7870	1.000/2.400 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/2.900 MHz

* Typischer GPU-Boost/RAM laut Hersteller ** Erfordert in der Regel Custom-Design mit guter Kühlung, Maximalspannung und -powerlimit in OC-Tools sowie etwas Glück

Grafikkarten-Overclocking: Das bringt's



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Alle Angaben in MHz. Die Übertaktung der GPU bringt in den allermeisten Fällen mehr als die des Grafikspeichers.

Prozessor: Unzureichende Kühlung entlarven und beseitigen

Wenn die Geschwindigkeit des PCs auf einmal sinkt oder sich der Rechner gar ausschaltet, muss das nicht unbedingt mit zu schwacher Kühlung zu tun haben. Ein Überlaufen des Arbeits- oder Grafikspeichers kann beim Spielen zu Rucklern, ein überlastetes Netzteil zum plötzlichen Abschalten führen.

Daher sollte der erste Schritt darin bestehen, herauszufinden, ob die CPU tatsächlich zu heiß wird. Zum Auslesen von Systeminformationen empfehlen wir Hwinfo64 (www.hwinfo.com), das nicht einmal installiert werden muss und neben der Kerntemperatur auch den Abstand zum Tjunction-Maximalwert anzeigt und Sie zudem darüber informiert, mit welchem Takt die Kerne laufen und ob die CPU aus thermischen Gründen heruntergetaktet wurde. Im Prinzip reicht es, wenn Sie das Tool etwa beim Spielen im Hintergrund laufen lassen und anschließend die Ergebnisse betrachten. Sie können aber auch gezielter vorgehen: Eine sehr hohe Abwärme lässt sich mit Prime95 erzeugen, das alle Kerne auslastet und – bei modernen Prozessoren – auch x86-Erweiterungen wie AVX(2) intensiv nutzt. Da das Programm etwa im Testmodus „Small FFTs" die CPU weitaus stärker stresst als jedes Spiel, handelt es sich um einen Härtetest für das Kühlsystem. Gibt es auch nach einer Laufzeit von mindestens 15 Minuten keine Anzeichen eines überhitzten Prozessors (siehe Bild), können Sie eine zu hohe Kerntemperatur als Ursache für Ihre PC-Probleme sicher ausschließen. Die Intensität steigt bei neuen Versionen, die zusätzliche x86-Erweiterungen unterstützen:

- v26.6: Ohne AVX, Abwärme vergleichbar z. B. mit fordernden Spielen
- v27.9: Mit AVX, Abwärme vergleichbar beispielsweise mit hochoptimierter Video-Umwandlung
- v29.4: Mit AVX2/AVX-512, maximale Abwärme – ultimativer Härtetest

Wenn Sie eine oder gar mehrere Grafikkarte(n) mit hoher Leistungsaufnahme – typischerweise am Vorhandensein von zwei (oder mehr) PCI-Express-Strombuchsen zu erkennen – verwenden, deren Ventilatoren die erhitzte Luft in das Gehäuse blasen, dann sollten Sie parallel auch die Grafikkarte(n) auslasten. Damit prüfen Sie, ob die CPU-Kühlung auch noch unter diesen erschwerten Bedingungen ausreicht. Um auch im Vollbildmodus die Temperaturen im Blick halten zu können, eignet sich zum Beispiel das Programm MSI Afterburner. Im Reiter „Überwachung" können Sie bestimmen, welche Daten im Overlay ausgegeben werden. Neben einem fordernden Spiel bietet sich zur Auslastung auch ein anspruchsvoller 3D-Benchmark, wie Unigine Superposition, an. Das Programm können Sie bereits in der kostenlosen Version so konfigurieren, dass es im Fenstermodus mit maximalen Details, aber niedriger Auflösung läuft. So können Sie die von Hwinfo64 ausgelesenen Sensorwerte auch ohne Overlays oder zweiten Bildschirm im Blick behalten. Fortgeschrittene können allerdings auch Hwinfo64 als Datenquelle für das Afterburner-Overlay verwenden.

Starker Kühler, CPU nicht übertaktet? Daran kann es noch liegen:

- Prüfen Sie, ob die Belüftung korrekt funktioniert. Bevor die CPU bedenklich heiß wird, sollten der Ventilator am CPU-Kühler, aber auch die Gehäuselüfter mit Höchstdrehzahl rotieren. Lesen Sie die Umdrehungsgeschwindigkeit z. B. mit Hwinfo64 aus und gleichen sie diese mit der Herstellervorgabe ab. Abweichungen von bis zu 15 Prozent von der Maximaldrehzahl sind üblich und kein Grund zur Sorge. Laufen die Ventilatoren deutlich langsamer, dann prüfen Sie, ob die Lüfterregelung (im UEFI-Menü, via Software wie Speedfan oder an einer Lüftersteuerung) korrekt konfiguriert ist. Auch ein an das Lüfterkabel gesteckter Spannungsadapter und an einigen Ventilatoren fest verbaute Schalter können die Drehzahl limitieren.

- Prüfen Sie, ob der CPU-Kühler korrekt montiert ist. Bereits kleine Details wie ein fehlender Abstandshalter oder die Verwendung von Schrauben, die für einen anderen CPU-Sockel gedacht sind, können bewirken, dass der Kühler nicht auf der CPU aufliegt. Viele Hersteller schützen den Kühlerboden außerdem im Auslieferungszustand durch einen Schutzfilm vor Kratzern, der vor der Installation unbedingt entfernt werden muss. Gerade durchsichtige Sticker fallen nicht gleich ins Auge, zumal ein roter Warnhinweis auf einem rötlichen Kupferboden nur begrenzt hilft.

- Prüfen Sie auch, ob die Wärmeleitpaste korrekt aufgetragen ist. Optimal ist eine gleichmäßige, möglichst dünne Schicht zwischen Kühlerboden und Prozessordeckel. Nach mehreren Jahren Betriebszeit ist Wärmeleitpaste meistens ausgetrocknet, sollte gründlich entfernt und durch neue ersetzt werden. Kaum zu vermeiden ist über einen längeren Zeitraum außerdem die Ablagerung von Staub an den Lamellen des Kühlers und etwaigen Staubfiltern, die Sie zumindest 1-2 Mal jährlich säubern sollten. Gerade bei mehrere Jahre genutzten Notebooks lassen sich durch eine Reinigung oft dramatische Verbesserungen erzielen!

- Machen Sie sich auch um das Umfeld des PCs Gedanken. Im Sommer sollte das Gehäuse vor der direkten Sonneneinstrahlung geschützt, im Winter ausreichend weit entfernt von der Heizung aufgestellt werden. Der Aufstellort sollte so gewählt sein, dass erhitzte Luft aus dem PC-Innenraum nicht wieder eingesaugt wird.

HWiNFO64 v5.72-3333 Sensor Status

Sensor	Current	Minimum	Maximum	Average
Physical Memory Load	16.6 %	15.7 %	16.6 %	16.0 %
Page File Usage	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
CPU [#0]: Intel Core i7-4790K				
Core #0 VID	0.715 V	0.715 V	1.174 V	0.733 V
Core #1 VID	0.717 V	0.717 V	1.177 V	0.739 V
Core #2 VID	0.723 V	0.723 V	1.176 V	0.742 V
Core #3 VID	0.718 V	0.718 V	1.176 V	0.740 V
Core #0 Clock	799.6 MHz	799.5 MHz	4,397.4 MHz	946.5 MHz
Core #1 Clock	799.6 MHz	799.5 MHz	4,397.5 MHz	965.6 MHz
Core #2 Clock (1)	799.6 MHz	799.5 MHz	4,397.4 MHz	974.4 MHz
Core #3 Clock	799.6 MHz	799.5 MHz	4,397.4 MHz	981.8 MHz
Bus Clock	99.9 MHz	99.9 MHz	99.9 MHz	99.9 MHz
Uncore Clock	4,497.5 MHz	4,497.2 MHz	4,497.7 MHz	4,497.4 MHz
PCIe Clock	99.9 MHz	99.9 MHz	99.9 MHz	99.9 MHz
Core #0 Thread #0 Usage	8.2 %	0.7 %	20.0 %	3.4 %
Core #0 Thread #1 Usage	0.0 %	0.0 %	4.4 %	0.5 %
Core #1 Thread #0 Usage	4.4 %	0.0 %	5.9 %	1.2 %
Core #1 Thread #1 Usage	1.4 %	0.0 %	11.1 %	0.8 %
Core #2 Thread #0 Usage (2)	32.0 %	0.0 %	32.0 %	2.1 %
Core #2 Thread #1 Usage	10.4 %	0.0 %	10.4 %	1.1 %
Core #3 Thread #0 Usage	25.3 %	0.0 %	25.3 %	1.7 %
Core #3 Thread #1 Usage	3.7 %	1.4 %	70.0 %	7.3 %
Max CPU/Thread Usage	32.0 %	1.4 %	70.0 %	8.3 %
Total CPU Usage	10.7 %	0.5 %	11.9 %	2.2 %
On-Demand Clock Modulation	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
Core #0 Ratio	8 x	8 x	44 x	9 x
Core #1 Ratio	8 x	8 x	44 x	10 x
Core #2 Ratio	8 x	8 x	44 x	10 x
Core #3 Ratio	8 x	8 x	44 x	10 x
Uncore Ratio	45 x	45 x	45 x	45 x
CPU [#0]: Intel Core i7-4790K: DTS				
Core #0	33 °C	30 °C	38 °C	31 °C
Core #1 (3)	35 °C	31 °C	36 °C	33 °C
Core #2	33 °C	30 °C	36 °C	32 °C
Core #3	34 °C	30 °C	38 °C	32 °C
Core #0 Distance to TJMAX	67 °C	62 °C	70 °C	69 °C
Core #1 Distance to TJMAX (4)	65 °C	64 °C	69 °C	67 °C
Core #2 Distance to TJMAX	67 °C	64 °C	70 °C	68 °C
Core #3 Distance to TJMAX	66 °C	62 °C	70 °C	68 °C
CPU Package	35 °C	32 °C	39 °C	34 °C
Core Max	35 °C	32 °C	38 °C	33 °C
Core #0 Thermal Throttling	No	No	No	
Core #1 Thermal Throttling (5)	No	No	No	
Core #2 Thermal Throttling	No	No	No	
Core #3 Thermal Throttling	No	No	No	
Core #0 Critical Temperature	No	No	No	
Core #1 Critical Temperature	No	No	No	
Core #2 Critical Temperature	No	No	No	
Core #3 Critical Temperature	No	No	No	

In der ersten und dritten Spalte zeigt Hwinfo64 jeweils den aktuellen sowie den seit Programmaufruf höchsten Sensorwert an. Sie verraten, ob die CPU den (Turbo)takt stabil hält **(1)** und wie stark die einzelnen physischen und (bei CPUs mit SMT-Funktion zusätzlichen logischen) Kerne ausgelastet werden. **(2)** Neben Temperaturwerten für die einzelnen Kerne (nur Intel – bei AMD erhalten Sie lediglich eine Angabe für alle Kerne) **(3)** zeigt das Programm auch an, wie groß der Abstand zum maximalen Tjunction-Wert ausfällt. **(4)** Sinkt dieser Wert auf null, wird der Kern temperaturbedingt gedrosselt. **(5)**

Choose your coolest champion!

neu

DARK ROCK PRO 4
DARK ROCK 4

Unschlagbare Features, kompromisslos leise Kühlung der Superlative, ideal für anspruchsvolle Systeme und übertaktete CPUs – der Double-Tower Dark Rock Pro 4 und der Single-Tower Dark Rock 4. Welchen Champion wählst du in dein Cooling-Team?

- Massive Kühlleistung von bis zu 250W TDP
- Nahezu unhörbare Silent Wings Lüfter
- Wellenförmige Kühllamellen verbessern die Luftzirkulation
- Bis zu sieben Hochleistungs-Heatpipes aus Kupfer

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**.

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER

*GfK 2007-2018

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net
conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

be quiet!®

Spiele aufpolieren

Alte Liebe rostet nicht – aber mit den Jahren verschwindet der Glanz von älteren PC-Spielen. Wir verraten, wie Sie Ihre Lieblingstitel optimal aufhübschen und wie viel Leistung der Spaß kostet.

Immer dann, wenn wir PC-Spieler von einem neuen konsolenexklusiven Blockbuster hören, müssen wir stark sein. Spiele wie God of War 4 und Detroit: Become Human sind zweifellos großartig und PC-Zocker verkneifen sich aus gutem Grund eine Träne (pro Spiel). In diesen Zeiten müssen Sie einfach an die Stärken Ihrer Spiele-Plattform denken: Konfigurierbarkeit, Vielseitigkeit, Unmengen an verfügbarer Software – und Sie bestimmen, was läuft.

Konsolenspieler haben keine Wahl, sie erleben jedes Spiel so, wie es vom Entwickler festgelegt wurde. Flimmernde Grafik? Zum Wohle der Bildrate. Matschige Texturen? Zum Wohle der Bildrate. Trotz allem nur 30 Fps? Hardware-Restriktion. Falls Sie sich gerade einen neuen PC zusammengebaut haben oder schon eine Weile nutzen, können Sie darüber nur müde lächeln, denn Sie haben die Macht – jetzt brauchen Sie nur noch die Tools, und die Grafik Ihrer Lieblingsspiele wird besser denn je!

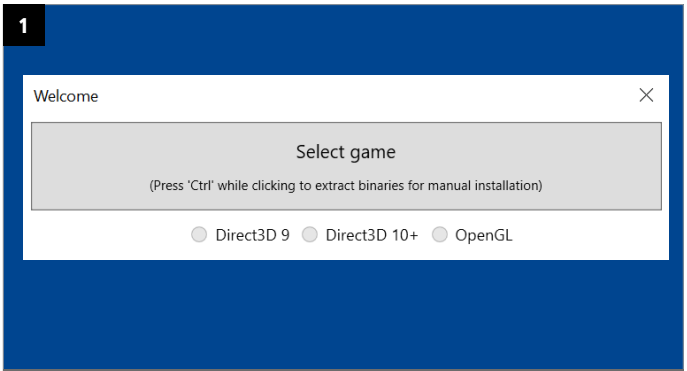
Hi-Res-Gaming

Eine höhere Auflösung führt zu besserer Qualität bei Fotos, Filmen und bei Spielen, denn je mehr Pixel zur Verfügung stehen, desto feiner sehen die Inhalte aus, welche dargestellt werden sollen. Da sich nicht jeder das Geld für einen neuen Monitor aus dem Ärmel schütteln kann, kommen kostenlose Alternativen gerade recht. Die mächtigste ist unter dem Oberbegriff „Downsampling“ bekannt, wobei nichts anderes gemeint ist als die folgende Anweisung an die Grafikkarte: „Arbeite intern mit mehr Pixeln und rechne das Bild anschließend auf die Ausgabe-Auflösung (des Monitors) herunter.“ Die Frucht dieser Bemühungen ist bessere Grafik mit feineren Details und größerer Bildruhe, da der Informationsgehalt der höheren Auflösung in das Ergebnis einfließt.

Um in den Genuss von Downsampling zu kommen, benötigen Sie keine Zusatzprogramme, die Grafiktreiber von AMD (Radeon Software) und Nvidia (Geforce) bringen die Funktionalität mit. Auf der übernächsten Seite haben wir die entsprechenden Menüs abgebildet. Nachdem Sie die paar Klicks hinter sich gebracht haben, flackert der Bildschirm kurz auf. Anschließend können Sie sowohl auf dem Windows-Desktop als auch in Spielen höhere Auflösungen anwählen. Das müssen Sie auch, um von Downsampling zu profitieren – DSR und VSR kommen nicht zum Einsatz, wenn Sie weiter die native Pixelmenge Ihres Monitors einstellen. Erst wenn Sie eine der neuen (höheren) Auflösungen anwenden, wird die Bildqualität verbessert. Besitzer eines Full-HD-LCDs starten am besten mit 2.560 × 1.440 ihren

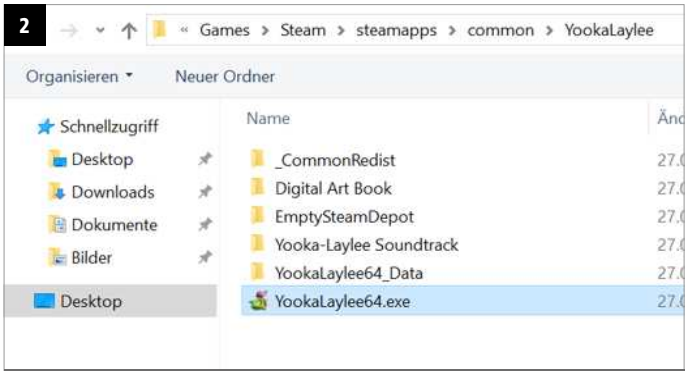
Spiele-Makeup mittels Reshade

1



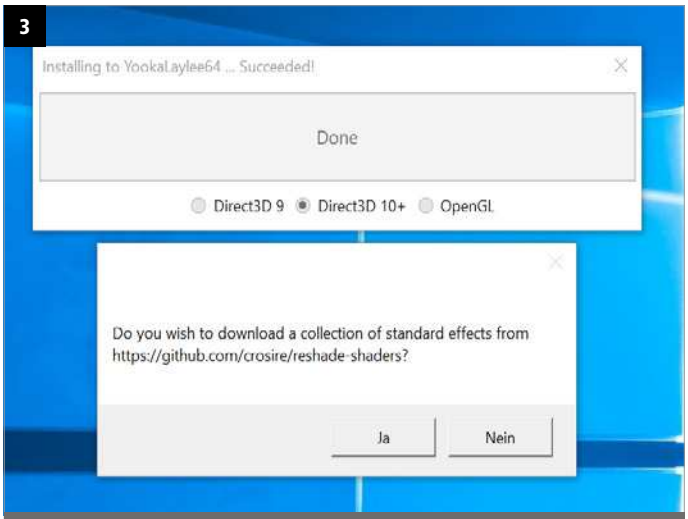
Das Reshade-Startfenster erscheint nach dem Klick auf die Reshade-Ausführungsdatei. Klicken Sie zum Beginnen auf den großen „Select game"-Knopf, woraufhin sich ein neues Fenster öffnet.

2



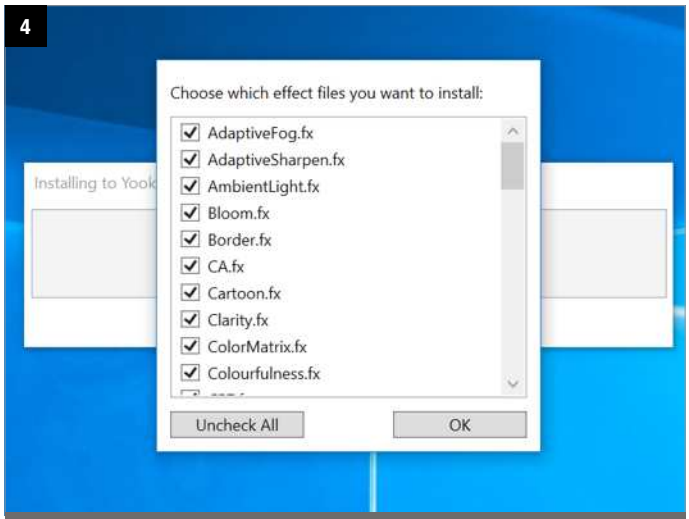
Navigieren Sie durch die Ordnerstruktur Ihres Rechners, um das Spiel zu finden, das Sie mittels Reshade aufwerten möchten. Ein Doppelklick auf die Spiel-Exe bestätigt Ihren Wunsch. Im Bild sehen Sie ein Steam-Beispiel mit Pfad.

3



Schlägt die automatische Erkennung der API (Direct 3D, Open GL) fehl, müssen Sie sie angeben. Für aktuelle Spiele ist „Direct3D 10+" meist die beste Wahl, für Klassiker D3D9. Die folgende Frage bestätigen Sie mit „Ja", woraufhin ein Download startet.

4

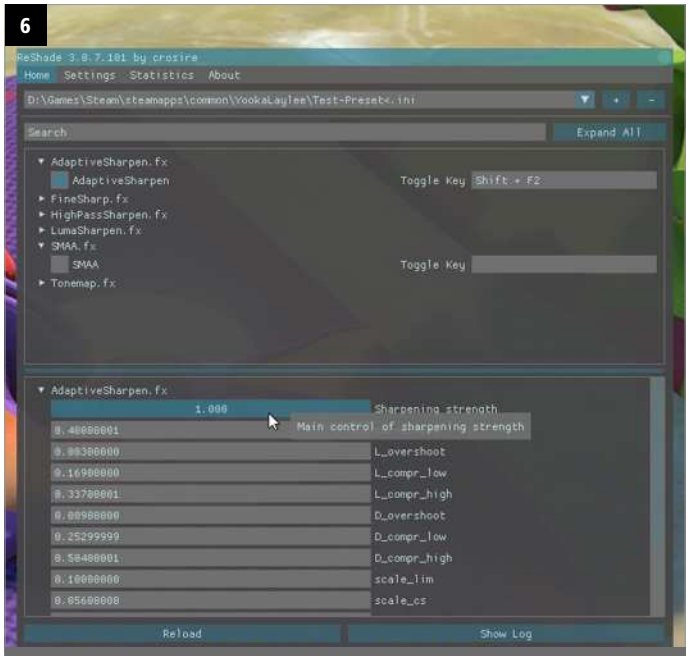


Sie können nun auf zahlreiche Effekte zurückgreifen. „Uncheck All" wählt sie alle ab, sodass Sie gezielt jene Aufwertungen aktivieren können, die Sie nutzen möchten. Wir wählen beispielhaft AdaptiveSharpen, SMAA und ein paar weitere aus.

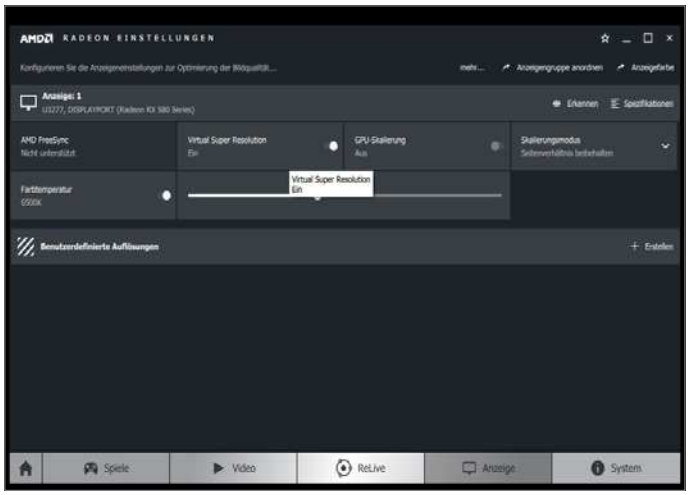
5

Starten Sie nun das Spiel, begrüßt Sie direkt Reshade. Mit der Tastenkombination Shift+F2 gelangen Sie ins Reshade-Hauptmenü, wo Sie aufgefordert werden, für dieses Spiel ein Profil anzulegen („Test-Preset"). Bestätigen Sie dies mittels Enter-Taste.

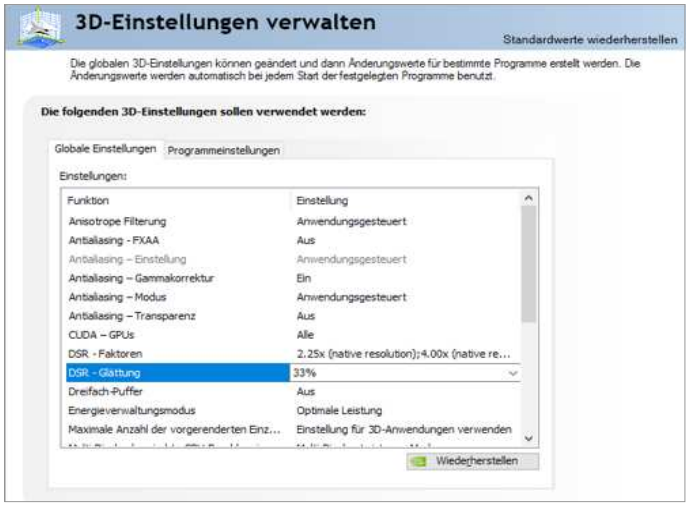
6



In den folgenden Fenstern können Sie die aktiven Effekte ein- und abschalten sowie konfigurieren. Im Beispiel ist AdaptiveSharpen ausgewählt; mittels Maustaste können Sie u. a. die Schärfung auf bis zu 2.000 setzen (linke Taste halten und ziehen).



VSR auf Radeon-Grafikkarten aktivieren: Ein Klick auf „Virtual Super Resolution" unter „Anzeige" aktiviert die hohen Auflösungen – fertig.



DSR auf Geforce-Grafikkarten aktivieren: Wählen Sie unter „DSR-Faktoren" mindestens einen aus und klicken Sie anschließend unten auf „Übernehmen".

Einige Spiele bieten unter Steam kostenlosen Download-Content an, der die Grafik verbessert. Diese Inhalte sind optional und müssen von Ihnen explizit aktiviert werden. Im Beispielbild sehen Sie Final Fantasy 15, für das Sie unter „Zusatzinhalte" beziehungsweise „DLC" das 4K Resolution Pack herunterladen können. Einmal aktiviert, wird der DLC mit dem Account verknüpft.

Ausflug in hochauflösende Welten. Wer eine starke Grafikkarte wie die Geforce GTX 1070 (Ti) oder Radeon RX Vega 64/56 besitzt, kann aber auch Ultra HD eine Chance geben – seien Sie jedoch auf Ruckeln vorbereitet. Wir klären am Ende dieses Artikels, welche Leistungskosten auf Sie zukommen.

Noch ein Wort zum auf Radeon-Grafikkarten verfügbaren Virtual Super Resolution. Dabei handelt es sich um die hübschere der beiden Herangehensweisen, allerdings auch um die weniger flexible. Während Nvidia einfach Auflösungsmultiplikatoren implementiert, die beinahe bei jeder erdenklichen Grafikkarte-Monitor-Kombination zusammenarbeiten, arbeitet AMD mit festgelegten Auflösungen, die nicht immer angeboten werden. Falls Sie eine Kombination aus gängigem 16:9-Bildschirm und aktueller Radeon-Grafikkarte (RX 400 und neuer, RX Vega) verwenden, steht der volle Funktionsumfang zur Verfügung. Anders sieht das bei 21:9-Pionieren aus – VSR bietet nach wie vor keine Unterstützung für das Ultrabreitbild (und auch nicht für noch exotischere Formate). Das heißt, wer ein LCD mit 2.560 × 1.080 oder 3.440 × 1.440 Pixel nutzt, bei dem wird VSR entweder nicht angeboten oder es ist relativ nutzlos. Im letztgenannten Fall werden nur weitere 16:9-Auflösungen eingefügt, die zentriert auf dem Monitor dargestellt werden.

Texturen schärfen

Downsampling hilft dabei, feine Bildinhalte vollständig und flimmerarm darzustellen. Das gilt vor allem für Texturen, welche bei geringen Bildschirmauflösungen nicht mit optimaler Qualität angezeigt werden. Hat man erst einmal den Downsampling-Hammer ausgepackt und das Spiel ist flimmerfrei, treten andere Probleme in den Vordergrund: Einige Titel, vor allem älteren Datums, geizen mit Texturdetails. Zwar gibt es für einige Spiele Abhilfe in Form von Grafik- respektive Texturmods, in den meisten Fällen müssen jedoch andere Lösungen her.

Die Universallösung für beinahe alle Spiele der vergangenen zehn Jahre hört auf den Namen Reshade (www.reshade.me). Dahinter steckt eine Effektsammlung, mit der sich die Grafik verändern lässt. Die Möglichkeiten sind mannigfaltig und erlauben es sogar, den Look eines Spiels völlig zu verändern. An dieser Stelle soll uns jedoch nur interessieren, wie man die bestehende Grafik möglichst „knackig" darstellt. Das Reshade-Paket beinhaltet mehrere Algorithmen zum Nachschärfen, unter anderem AdaptiveSharpen und LumaSharpen, wobei vor allem Ersteres empfehlenswert ist. Probieren Sie's doch einfach mal aus! Klassiker wie Call of Duty: Black Ops – in Vorbereitung auf das angekündigte Black Ops 4 –, GTA 4, Brütal Legend, Assassin's Creed: Black Flag und viele weitere lassen sich deutlich aufwerten. Übertreiben Sie's jedoch nicht, denn zu starkes Nachschärfen fördert Artefakte und Flimmern zutage. Wie Sie Reshade verwenden und welche Auswirkungen es auf die Grafikqualität hat, erfahren Sie in den Seitenelementen.

Anti-Aliasing injizieren

Reshade kann außerdem bei der Bildglättung helfen. Hin und wieder erscheinen Spiele, die gar kein Anti-Aliasing anbieten (GTA 4, oder aber Arcania: Gothic 4, neben weiteren). Gegen das gröbste Flimmern hilft es, mittels Reshade die Glättungsverfahren SMAA oder FXAA anzuwenden. SMAA ist dabei die erste Wahl, da es versucht, wirklich nur Kanten zu glätten, während FXAA das komplette Bild weichzeichnet. Das letztgenannte Verfahren wird in zahlreichen Spielen verwendet, da es kaum Leistung kostet (unter an-

Bildvergleich: Mehr Details, mehr Glättung – mehr Spaß!

Reshade eignet sich nicht nur dazu, Spielen einen völlig anderen Look zu verpassen. Sie können damit auch die originalen Inhalte bestmöglich zur Geltung bringen, beispielsweise durch Texturnachschärfung, welche mithilfe mehrerer Algorithmen möglich ist, oder mithilfe von Kantenglättung. Anstelle von FXAA, das Texturdetails verwischt, raten wir zu SMAA, das u. a. gänzlich AA-lose Spiele wie GTA 4 & Co. stark aufwertet. In Kombination mit Downsampling sind neue Optik-Sphären möglich.

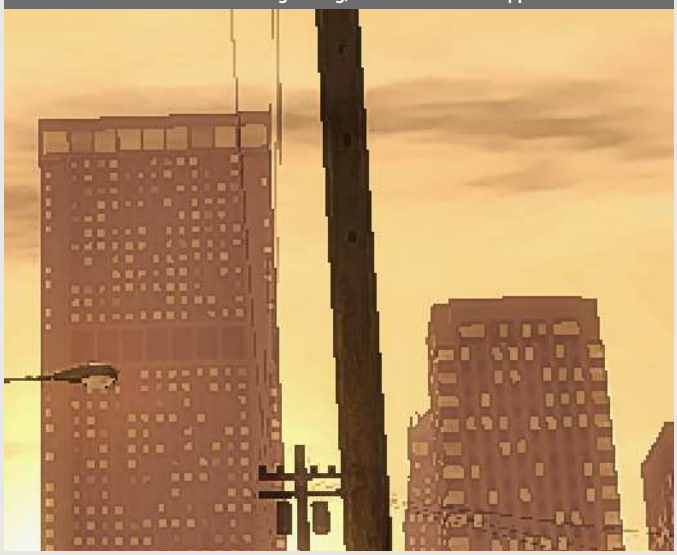
Call of Duty Black Ops ohne Zusätze: Angestaubte Texturen

CoD Black Ops mit Adaptive Sharpen: Texturdetails werden herausgearbeitet

GTA 4 ohne Sharpening: Unscharfe Texturen

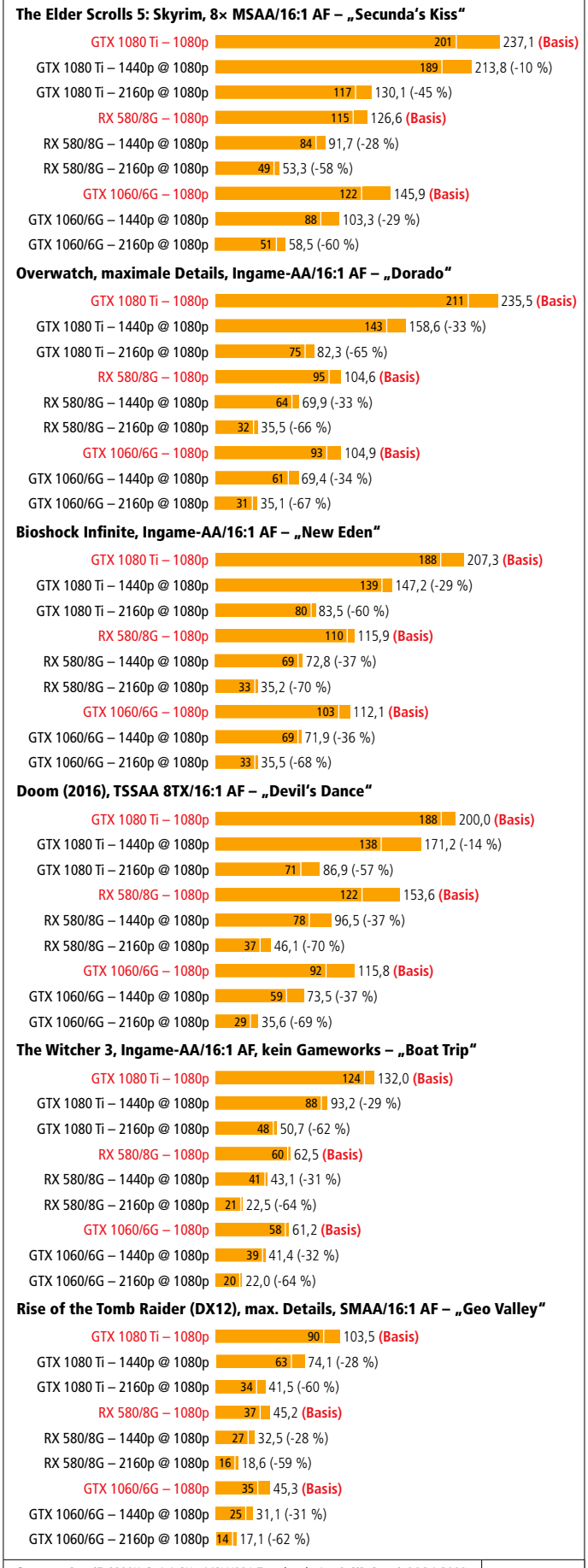
GTA 4 mit Adaptive Sharpen: Detailgewinn wie bei einer Texturmodifikation

GTA 4 ohne Zusätze: Keine Kantenglättung, flimmernde Pixeltreppen



GTA 4 mit SMAA via Reshade: Glatte Kanten, weniger Flimmern

Leistungskosten: Downsampling



System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz, MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000
Bemerkungen: Mittelklasse-GPUs erlauben WQHD auf Full-HD-Displays mit ordentlichen Bildraten. Ultra HD ist High-End-Boliden wie der Geforce GTX 1080 Ti vorbehalten.

Min. Ø Fps
▶ Besser

derem in Bioshock Infinite, Sniper Elite 4 und Yooka-Laylee). Es kann sich lohnen, das Ingame-AA dort aus- und stattdessen das Reshade-SMAA einzuschalten. Vor allem in Kombination mit Downsampling sind stattliche Qualitätsgewinne möglich.

Offizielle HD-Texturen

Mittelerde: Schatten des Krieges, Fallout 4, Far Cry Primal, Kingdom Come Deliverance und Final Fantasy 15 – diese mehr oder minder aktuellen PC-Spiele können Sie mit wenigen Mausklicks und einem anschließenden Download weiter aufhübschen. Sofern Sie die Steam-Version gekauft haben, haben Sie nämlich Zugriff auf Download-Content, kurz DLC.

Keine Sorge, alle Spiele-Beauty-Tipps in diesem Artikel sind kostenlos, so auch dieser. Allerdings sollten Sie von diesen nett gemeinten DLC-Gimmicks nicht zu viel erwarten. In der Regel sind die Unterschiede gegenüber den Standardtexturen sehr subtil und fallen erst bei einem direkten Vergleich auf. Dafür erhalten Sie die Aufwertung ohne Leistungskosten und sonstige Nebenwirkungen – sofern Ihre Grafikkarte über genügend Speicher verfügt. Wer ein Modell mit nur 2 oder 3 GiByte verwendet, sollte besser kein HD-Texturpaket aktivieren. Wir empfehlen Freunden hochwertiger Oberflächen mindestens ein Modell mit 6 GiByte, besser aber gleich mit 8.

Um einen Download-Content zu installieren, müssen Sie lediglich auf das entsprechende Spiel klicken und in den Zusatzinhalten bzw. „DLC" am rechten Rand nach ebendiesen Ausschau zu halten. Die normalerweise mit dem Kürzel „4K" oder „Hi-Res" gekennzeichneten Inhalte sind kostenlos, müssen aber von Ihnen manuell hinzugefügt werden. Haben Sie die Transaktion bestätigt, befindet sich der DLC unter „Zusatzinhalte" und steht zum Download zur Verfügung. Startet ein solcher nicht sofort, müssen Sie noch einen Haken rechts neben dem Eintrag setzen. Anschließend wird der DLC heruntergeladen. Achtung, das kann dauern! Das 4K-Paket von Final Fantasy 15 beinhaltet beispielsweise nicht nur etwas bessere Texturen, sondern auch Videos in dieser Auflösung und ist daher stattliche 63 GByte groß. Mit einer provinziellen Internet-Leitung vergehen da einige Stunden.

Übrigens bietet nicht nur Steam, sondern auch GoG Zusatzinhalte an. Im Falle von Kingdom Come Deliverance können Sie das HD-Texturpaket entweder manuell herunterladen und installieren, oder Sie verwenden den optionalen Galaxy-Client, welcher die nötigen Schritte unternimmt.

Inoffizielle HD-Texturen

Je nachdem, wie populär ein Spiel ist und wie gut man an dessen Dateien herankommt, gibt es mehr oder weniger (oder gar keine) inoffiziellen Erweiterungen. Der Steam-Workshop hat sich als gute Quelle erwiesen, aber die Hauptanlaufstelle sind Websites wie www.moddb.com und www.nexusmods.com. Dort finden Sie alle erdenklichen von Fans und Tüftlern erstellten Zusatzinhalte – darunter auch zahlreiche Texturmods, welche in der Regel deutlich auffällig besser aussehen als die Standardinhalte. Das Keyword „Overhaul" fördert einige dieser massiven Änderungen zutage. Empfehlenswerte Projekte, die sich in der Regel in Entwicklung befinden, gibt es beispielsweise für The Elder Scrolls 5: Skyrim, dessen Special Edition, aber auch für Fallout 4, The Witcher 3, Crysis 2 und unzählige weitere.

Leistungstest

Was kostet es denn nun, Spiele in WQHD oder UHD anstelle von FHD laufen zu lassen? Genau diese naheliegenden DSR-/VSR-Auflösungen – 2.560 × 1.440 und 3.840 × 2.160 auf einem Full-HD-Bildschirm – sehen Sie im Benchmark links. Wir verwenden dafür die aktuellen Mittelklasse-Empfehlungen Radeon RX 580 und Geforce GTX 1060 sowie, um das obere Leistungsende zu zeigen, eine GTX 1080 Ti.

Tatsächlich spielt es aus Leistungssicht keine Rolle, ob eine Aufösung an das Display gesendet und nativ dargestellt wird, oder ob der Grafikchip die Pixelmenge zunächst auf das Ausgabeformat „downsamplen" muss. PCGH-Messungen haben ergeben, dass dieser Vorgang wenige Prozente an Leistung kosten kann, allerdings nicht bei jedem Spiel und jeder Grafikkarte. Der Löwenanteil der Rechenzeit geht für die zusätzlichen Bildpunkte drauf. Wer WQHD@FHD nutzt, muss mit beinahe 30 Prozent geringeren Bildraten leben. Ultra HD schlägt noch wesentlich heftiger ins Kontor, hier wird nur noch ein Drittel an Fps erreicht. *(ns/rv)*

PCGH im ABO

Jetzt tollen Spiele-Key sichern!

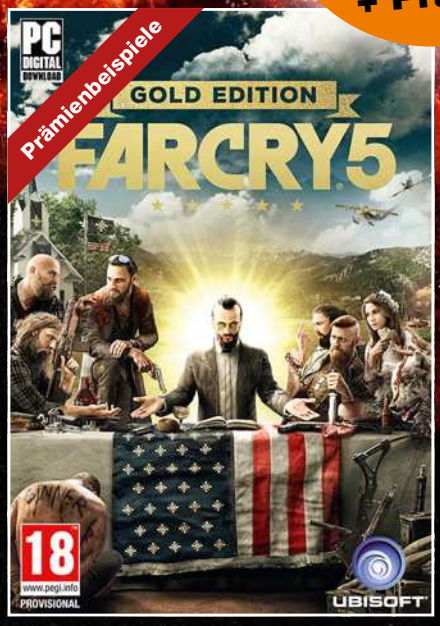
1-Jahres-Abo PCGH-DVD
62,– €
12 × PCGH + Prämie

Prämienbeispiele

» Jetzt Abo online bestellen unter: www.pcgh.de/1-jahres-abo

2-Jahres-Abo PCGH-DVD
124,– €
24 × PCGH + Prämie

Prämienbeispiele



» Jetzt Abo online bestellen unter: www.pcgh.de/2-jahres-abo

GAMESPLANET.COM

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

msi

RYZEN AMD

STAY GLORIOUS

DIE NEUEN
AM4 X470 MOTHERBOARDS

CORE BOOST | DDR4 BOOST | RGB MYSTIC LIGHT | M.2 SHIELD FROZR | AUDIO BOOST | AMD TURBO USB

Bezugsquellen: Alternate · Amazon · Acom · Arlt · Bora Computer · Caseking · Computeruniverse · Cyberport · hwh · Mindfactory · notebooksbilliger.de und im Fachhandel.

© 2018 Micro-Star Int'l Co.,Ltd., Die verwendeten Marken und Handelsnamen beziehen sich auf die jeweiligen Eigentümer oder deren Produkte.

DE.MSI.COM

TRUE GAMING